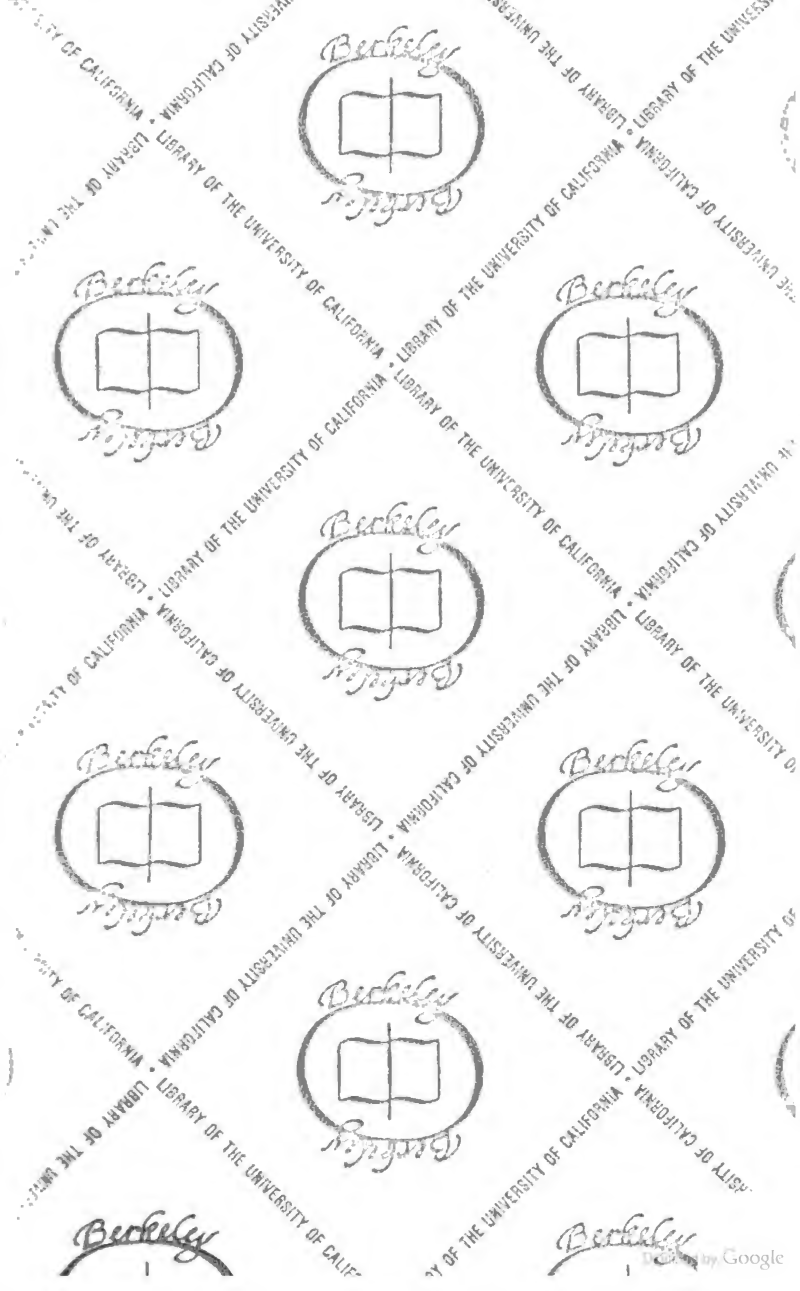
image
not
available



Lehrbuch

der

Metallurgie,

mit

besonderer Hinsicht

auf

chemische und physikalische Principien.

Von

Dr. Th. Scheerer,

vormaligem Professor der Metallurgie und metallurgischen Probirkunst an der Universität zu Christiania.

In zwei Bänden.

Erster Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1848.

Vorrede.

Die beiden letzten Decennien, fast für alle Theile der Naturwissenschaften und Technik so überaus reich an Fortschritten, sind auch für die Ausbildung der Metallurgie von hoher Bedeutung gewesen. Entdeckungen, wie die der brennstoffsparenden Wirkung der erhitzten Gebläseluft und der mehrfachen Vortheile, welche die Anwendung gasförmiger Brennmaterialien gewährt, haben einen durch alle metallurgischen Processe sich verzweigenden Einfluß ausgeübt, ja mehreren dieser Processe eine ganz neue Gestaltung gegeben. Andere Entdeckungen und Erfindungen, wenn auch von keinen so ausgedehnten, doch in Betreff einzelner Zweige der Metallurgie von kaum weniger wichtigen Folgen, haben sich an erstere angereiht. Hierher gehören besonders die Anwendung roher und unvollständig verkohlter Brennmaterialien in Schachtöfen, die Benutzung der Gichtflamme zu verschiedenen Zwecken und die Einführung des nassen Weges bei der Zugutemachung einiger Erze, unter anderen auch der des Nickels, eines Metalles, welches erst seit Kurzem ein Gegenstand metallurgischer Gewinnung geworden ist. Außerordentlich zahlreich sind endlich die Verbesserungen, welche in Bezug auf Ofen- und Gebläse-Construktion, so wie auf specielle Leitung einzelner Hüttenprocesse während jener verhältnißmäßig kurzen Periode eingeführt worden sind.

In einer Zeit aber, in welcher der Umfang der Wissenschaft in so schnellem Wachsthume begriffen ist und unablässig daran ge-

arbeitet wird, das neu gewonnene Feld für die Praxis fruchtbar zu machen; in einer Zeit, wo im ganzen Gebiete der Wissenschaft und Technik der Ruf »Vorwärts!« alle Kräfte bis zur Ueberspannung antreibt, in einer solchen rastlosen Zeit hat der einzelne Forscher, mitten im Strome allgemeinen Strebens, oftmals einen sehr schwierigen Standpunkt. Während er auf der einen Seite nicht versäumen darf, sich mit allem Neuen seines Faches bekannt zu machen, treibt es ihn auf der anderen unausgesetzt, die auf der Bahn des Selbstforschens vorgesteckten Ziele zu erreichen. Das Neue dringt in so vielfacher Gestalt auf ihn ein, daß er es mitunter kaum zu erfassen, geschweige denn zu verstehen und würdigen vermag. Einiges davon, was nur auf Täuschung beruht, erscheint ihm wichtig und werthvoll: anderes, einen guten Kern in sich schließend, entgeht seiner Aufmerksamkeit oder wird von ihm aus irrthümlicher Ansicht unbeachtet gelassen. Er schreitet daher weder in seinem Wissen überall gründlich weiter, noch bleibt ihm hinreichend Muße und Kraft auf eigenem Forscherwege erfolgreich vorzudringen. Unter solchen Umständen verschließt Mancher, das Unzureichende seiner Kräfte erkennend, wohl endlich Auge und Ohr gegen die Fortschritte der Zeit, und vermeint in dieser Abgeschlossenheit seiner Ideenwelt eigenes Forschen um so ungestörter fördern zu können. Zuweilen glückt es auf solchem Wege ein erfreuliches Ziel zu erreichen; nicht selten aber eilt die Zeit dem einseitig Strebenden voraus, und wenn er sich nahe am Ziele glaubt, hat er entweder ein Irrlicht verfolgt oder nach einem schon gehobenen Schatz gegraben.

Die doppelte Aufgabe, sich auf der Höhe des Zeitfortschrittes zu erhalten und zugleich als selbstständiger Forscher zu wirken, kann für den Techniker und in Sonderheit für den Metallurgen nur gelöst werden, wenn sich bei ihm gründliche wissenschaftliche Ausbildung mit praktischer Kenntniß vereint. Nur der streng wissenschaftliche Blick, welcher jedes Neue auf seine Principien zurückführt, vermag es, das oft bunte und krause Gewirr im Gebiete der Technik zu ordnen und zu prüfen. Aber auch hiermit ist das erstrebte Ziel noch nicht erreicht; denn die stets von Neuem anwachsende Masse

des zu entwirrenden Stoffes übersteigt früher oder später die Capacität unseres Gedächtnisses. Eine wesentliche Erleichterung für die Lösung jener Aufgabe gewährt es daher, wenn von Zeit zu Zeit das mannigfach vermehrte und veränderte Material der Wissenschaft von Sachkundigen beleuchtet und zu einem Lehr- oder Handbuche geordnet wird. So erschien zu Anfang dieses Jahrhunderts das »Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde« von Lampadius*), in den Jahren 1831 und 1832 Karsten's vortreffliches »System der Metallurgie« die Hauptgrundlage der ganzen neueren Metallurgie bildend, und im Jahre 1841 Wehrle's »Handbuch der Probir- und Hüttenkunde« **).

In dem, dem vorliegenden Werke vorausgeschickten Prospectus habe ich mich dahin ausgesprochen, ein »Lehrbuch der Metallurgie« zu liefern, welches diese wichtige, mit so vielen Zweigen der Naturwissenschaften und Technik in Berührung stehende Doktrin auf ihrem jetzigen Standpunkte in kurzgefaßter und übersichtlicher Weise darstellt. Daß dies Unternehmen, dessen Schwierigkeiten ich mir keinesweges verhehlt habe, zufolge des zuvor Geäußerten als ein motivirtes erscheinen wird, glaube ich annehmen zu dürfen; und zwar um so mehr, als der bereits den ersten Lieferungen zu Theil gewordene Beifall es erkennen läßt, daß ein Werk dieser — von den Werken eines Lampadius, Karsten und Wehrle zum Theil wesentlich verschiedenen — Tendenz gegenwärtig zu den Bedürfnissen des Metallurgen gehört.

Von dem bemeldeten Lehrbuche übergebe ich hiermit dem geehrten Publikum den ersten Band, welcher die Lehre von den metallurgischen Processen im Allgemeinen, die Beschreibung der Apparate, in welchen die metallurgischen Processe ausgeführt werden, die Lehren von den Brennmaterialien und den Wärme-Beförderungsmitteln,

---

*) Die erste Auflage in den Jahren 1801 — 1810; die zweite Auflage von 1817 — 1827.

**) Die Herausgabe dieses bereits zu Anfang 1833 beendigten Werkes wurde durch den Tod des Verfassers verzögert.

so wie einen Theil drr metallurgischen Doktrinen vom Eisen (Eigenschaften, Erze und Probirmethoden) enthält.

Was zuerst den Abschnitt von den metallurgischen Processen im Allgemeinen betrifft, so habe ich in demselben, so weit das bis jetzt hierzu vorhandene Material ausreichte, die Grundzüge einer metallurgischen Chemie zu entwerfen gesucht, deren Kenntniß jeder specielleren Beschäftigung mit den Hüttenprocessen vorausgehen sollte. Trotz der zahlreichen und höchst werthvollen Beiträge, welche namentlich Berthier und Fournet zu diesem Theile metallurgischer Propädeutik geliefert haben, bleibt in demselben noch ein ausgedehntes Feld für spätere Untersuchungen offen. — Bei der Beschreibung der Apparate, in welchen die metallurgischen Processe ausgeführt werden, habe ich mich darauf beschränkt, den Anfänger vorläufig mit ihrer wesentlichen Einrichtung und der damit im Zusammenhange stehenden technischen Nomenklatur bekannt zu machen. Von den Dimensionen und der zweckmäßigsten Construktion dieser Apparate wird dagegen erst im zweiten Bande die Rede seyn. — Die Lehre von den Brennmaterialien und die Lehre von den Wärme-Beförderungsmitteln, welche, bei gründlicher Auffassung, so überaus wichtige Daten zur rationellen Leitung der Hüttenprocesse zu liefern vermögen, waren bisher nicht in der Weise bearbeitet, wie es ihre Bedeutsamkeit und das während der beiden letzten Decennien so beträchtlich vermehrte Material wünschenswerth erscheinen ließen. Ich hielt es daher für nothwendig, diesen beiden Abschnitten eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen und sie von Grund auf einer wissenschaftlichen Bearbeitung zu unterwerfen. Dadurch haben sie allerdings einen Umfang erhalten, welcher zu dem des ganzen Werkes wohl nicht im richtigen Verhältnisse steht. Ich glaube jedoch annehmen zu dürfen, daß man diese Ungleichmäßigkeit, in Betracht der angeführten Umstände, nicht tadelnswerth finden wird. Ob es mir gelungen ist, durch meine Theorien des Wärme-Effektes der Brennmaterialien, der Verkohlung, des Effektes der erhitzten und kalten Gebläseluft, des durch Anwendung halb verkohlter und unverkohlter Brennmaterialien in Schachtöfen erreichten Vortheils, der Wirkung des Wasserdampfes

bei der Verbrennung, u. s. w. überall ein klares Licht über diese wichtigen Gegenstände zu verbreiten, ohne dabei die thatsächliche Wahrheit in den Schatten zu stellen, dies zu beurtheilen, möge einer einsichtsvollen Kritik anheimgestellt seyn. In Bezug auf das im zweiten Theile der Metallurgie über die Eigenschaften des Eisens Angeführte, habe ich zu bemerken, daß die hohe Stellung dieses Metalles in der Wissenschaft und Praxis mir zu fordern schien, die Eigenschaften desselben — welche wir überdies genauer als die irgend eines anderen Metalles kennen — mit größerer Vollständigkeit zu behandeln, als dies bei den folgenden Metallen geschehen wird.

Um Mißverständnissen in Betreff der Tendenz des ganzen Werkes — besonders aber des zweiten, applikativen Theiles — vorzubeugen, muß ich mir erlauben, auf den wesentlichen Unterschied zwischen Metallurgie und Hüttenkunde aufmerksam zu machen. Während es die Metallurgie, wenn auch nicht ausschließlich, doch vorzugsweise mit den wissenschaftlichen Principien zu thun hat, auf welchen die Gewinnung der Metalle beruht, ist es die Aufgabe der Hüttenkunde, die auf diesen Principien begründeten metallurgischen Operationen, in der Art, wie sie durch lokale Verhältnisse modificirt werden, genau und ausführlich zu beschreiben. Die Lehren der Metallurgie bilden die nothwendige Vorschule zur Hüttenkunde. Diese letztgenannte, rein technische Doktrin ist bisher, in ihrem ganzen, höchst ausgedehnten Umfange, noch nie dargestellt worden, und dürfte es auch wohl schwerlich jemals werden. Abgesehen von den außerordentlichen Schwierigkeiten, welche sich hierbei entgegenstellen, würde ein solches Unternehmen zu den wenig fruchtbaren, ja theilweise zu den entbehrlichen gehören; denn ein gründliches Studium der Metallurgie bildet den Schlüssel zum Verstehen eines jeglichen hüttenmännischen Processes, und der praktische Metallurg wird sich vermittelst desselben leicht alle speciellen Daten anzueignen vermögen, welche sich ihm, durch lokale Verhältnisse bedingt, auf einzelnen Hüttenwerken darbieten.

Daß die heftweise Herausgabe meines Lehrbuches der Metallurgie bisher nicht mit der gewünschten Beschleunigung erfolgt ist,

daran ist zum Theil meine Uebersiedelung von Christiana nach Freiberg Schuld; theils sind dabei die jetzigen Zeitverhältnisse mitwirkend gewesen, welche, neben so vielen Fortschritten, leider auch manche Stockungen in ihrem Gefolge haben. Möchten die letzteren bald gänzlich zu Ende seyn und uns dadurch den Genuß der errungenen Früchte gestatten, welche ohne Ruhe und Ordnung ungenießbar sind!

Freiberg, im Juli 1848.

Der Verfasser.

Inhalt des ersten Bandes.

Erster Theil.

Erster Abschnitt.

Die Lehre von den metallurgischen Processen im Allgemeinen.

Dritter Abschnitt.

Die Lehre von den Brennmaterialien.

Seite

Vierter Abschnitt.

Die Lehre von den Wärme-Beförderungsmitteln.

Zweiter Theil.

Eisen.

Anhang

des ersten Bandes.

Seite

Anmerkung. Da bei der Anordnung der Abhandlungen, Bücher und Brochüren dieser Literatur-Uebersicht das im Lehrbuche befolgte System zu Grunde gelegt wurde, so konnte hier ein besonderes Inhalts-Verzeichniß erspart werden.

Am Schlusse des ersten Bandes, hinter der Literatur-Uebersicht, findet man die Correktionen einiger »Errata«, welche durch die Entfernung des Druckortes von dem Aufenthalte des Verfassers entschuldigt werden mögen.

Errata.

Seite 12 Zeile 9 v. o. statt $\overset{\prime\prime}{\not{F}}e$ lies $\overset{\prime\prime}{F}e$.

» 15 » 4 v. o. statt »der Schmelzung« lies »den meisten Schmelzungen«.

» 109 » 5 v. u. statt »Schnürloch« lies »Schürloch«.

» 150 » 4 v. u. statt 3172° C. lies 3148° C.

» 185 » 6 u. 7 v. u. statt »Sauerstoff« lies »Wasser«.

» 203 » 8 v. o. statt 0,84 lies 0,85.

» 309 » 8 v. u. statt 1,42 lies 4,42.

» 310 » 3 v. u. statt »2te Auflage« lies »3te Auflage«.

» 314 » 9 v. u. statt 74,4 lies 77,4.

» 376 » 1 v. u. statt 0,33 lies 0,85.

» 376 » 3 v. u. statt 0,85 lies 0,33.

» 386 Formel (15) statt $\Sigma\ (x)$ lies $\Sigma\ (w)$.

» 387 Zeile 15 v. u. statt »später angezeigt« lies »späterhin gezeigt«.

» 392 in der Anmerkung ist, statt der spec. Wärme der Kohlensäure (0,221) die spec. Wärme des Kohlenoxyds = 0,288 in die Formel einzuführen, wodurch sich der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd = 1310° C. (nicht aber = 1427° C.) ergiebt, wie derselbe bereits auf Seite 387 gefunden wurde.

» 413 Zeile 2 v. u. statt c lies e.

» 414 » 3 v. o. statt c lies e.

» 416 » 11 v. u. statt B lies E.

» 458 » 7 v. o. statt 350° C. lies 360° C.

» 462 » 5 v. u. statt $0{,}0084\ \sqrt{M}$ lies $0{,}084\ \sqrt{M}$.

» 479 » 3 v. o im Nenner der Formel, statt a lies a.

» 489 » 12 v. u. statt n lies w.

» 544 » 3 v. u in der Anmerkung, statt Seite 79 lies S. 99.

Einleitung und Ueberblick.

Die **Metallurgie** (μέταλλον — ἔργειν) ist die Lehre von den Processen, durch welche die Metalle und gewisse Verbindungen derselben aus den Erzen dargestellt werden. Die **Metallurgie im engern Sinne**, welche den Gegenstand des vorliegenden Werkes ausmacht, umfaßt nur diejenigen dieser Processe, deren Ausführung **im Großen** (in sogenannten Hüttenwerken) zu geschehen pflegt. Vollkommen scharfe Grenzen zwischen der allgemeinen Metallurgie und der genannten weniger umfassenden Doktrin lassen sich nicht ziehen, da der Begriff von einer Gewinnung im Großen ein relativer ist.

Mit dem Namen **Metalle** bezeichnet der Chemiker eine zahlreiche Gruppe chemisch einfacher Körper, von deren charakteristischen Eigenschaften folgende die hervorstechendsten sind: 1) Undurchsichtigkeit. Nur Gold und Selen (wenn letzteres, wie von **Berzelius** geschieht, zu den Metallen gerechnet wird) besitzen diese Eigenschaft in weniger hohem Grade als die übrigen Metalle, indem ersteres in sehr dünnen Blättchen mit grüner und letzteres mit rubinrother Farbe durchscheinend ist. 2) Metallglanz; eine eigenthümliche Art eines starken Glanzes, den die Metalle auf Krystallflächen und im polirten Zustande zeigen, und welcher, zum Theil wenigstens, eine Folge ihrer Undurchsichtigkeit zu seyn scheint. 3) Das Vermögen, Wärme und Elektricität in hohem Grade besser zu leiten als andere Elemente. Auch hier macht das Selen eine Ausnahme, welches ein fast vollkommner Nichtleiter der Elektricität und ein schlechter Wärmeleiter ist. 4) Geschmeidigkeit, oder das Vermögen eines Körpers, unter einem hinreichend starken Drucke seine Form bleibend zu verändern, ohne daß dadurch der Zusammenhang seiner Massentheile aufgehoben wird. Nicht alle Metalle zeichnen sich in gleichem Grade durch diese Eigenschaft aus; Selen, Tellur, Antimon, Wismuth und Arsenik sind so wenig geschmeidig, daß sie sich pulvern lassen. 5) Ein hohes specifisches Gewicht.

Hierdurch sind besonders die sogenannten schweren Metalle charakterisirt, weniger die metallischen Radikale der Erden, und am wenigsten die der Alkalien, von denen z. B. das Kalium specifisch leichter als Wasser ist. — Wird das Selen nicht zu den metallischen Körpern gezählt, so läßt sich der Begriff »Metall« folgendermaßen am schärfsten feststellen: die Metalle sind Elemente, welche von den genannten fünf Eigenschaften wenigstens vier besitzen, und unter diesen stets Metallglanz und das Vermögen, Wärme und Elektricität in ausgezeichnet hohem Grade zu leiten. — Alle diejenigen Metalle, mit welchen sich die Metallurgie im engern Sinne, auf ihrem jetzigen Standpunkte, beschäftigt, sind durch ein hohes, zwischen den Grenzen 21,5 (das specifische Gewicht des Platins) und 5,7 (das specifische Gewicht des Arseniks) liegendes specifisches Gewicht charakterisirt.

Erze, im oryktognostischen Sinne, sind die in der Natur vorkommenden chemischen Verbindungen der Metalle. Die gewöhnlichsten **Vererzungsmittel**, d. h. Stoffe, mit welchen sich die Metalle in den Erzen verbunden (vererzt) finden, sind Sauerstoff und Schwefel. Der Metallurg pflegt mit der Benennung »Erz« einen umfassenderen Begriff zu verbinden. Er versteht darunter in der Regel ein mechanisches Gemenge von einer oder mehreren jener natürlich vorkommenden Verbindungen und der begleitenden Gesteinsart, nämlich die ganze metallhaltige Mineralmasse, wie sie durch die Hand des Bergmanns gewonnen und der metallurgischen Zugutemachung unterworfen wird. In gleicher Weise werden auch die mechanisch verunreinigten gediegenen Metalle von dem Metallurgen als Erze betrachtet.

Die **metallurgischen Processe**, welche fast alle auf chemischen Principien beruhen, erfordern zunächst gewisse **Apparate**, in welchen dieselben ausgeführt werden können; und da die meisten dieser Processe auf dem heißen oder trocknen Wege, d. h. unterstützt durch eine künstlich erhöhte Temperatur und ohne Beihülfe wässeriger Liquida vorgenommen werden, so sind **Brennmaterialien** ein zweites Haupterforderniß. Bei der Anwendung der letzteren kommt es darauf an, daß der größtmögliche Nutz-Effekt derselben erreicht, d. h. daß aus einer bestimmten Quantität irgend eines der angewendeten Brennmaterialien sowohl ein möglichst hoher Wärmegrad als auch die größtmögliche Wärmemenge entwickelt werde. Die Mittel, welcher man sich zur Erreichung dieses zwiefachen Vortheils bedient, können unter dem Namen **Wärme-Beförderungsmittel** zusammengefaßt werden.

Die Metallurgie, durch welche Benennung wir in dem Folgenden stets nur jene vorgedachte, weniger umfassende Doktrin bezeichnen, läßt sich nach den vorausgeschickten Bemerkungen zweckmäßig in zwei Theile sondern. Es umfaßt alsdann

der erste Theil:

1) Die Lehre von den metallurgischen Processen im Allgemeinen.
2) Die Beschreibung der Apparate, in welchen die metallurgischen Processe ausgeführt werden.
3) Die Lehre von den Brennmaterialien.
4) Die Lehre von den Wärme-Beförderungsmitteln;

der zweite Theil:

Die Lehre von der Gewinnung der einzelnen Metalle und ihrer hier in Betracht kommenden Verbindungen. Diese Metalle sind: 1) Eisen, 2) Zinn, 3) Zink (und Cadmium), 4) Wismuth, 5) Kupfer, 6) Blei, 7) Silber, 8) Gold, 9) Platin, 10) Quecksilber, 11) Antimon, 12 Arsenik, 13) Nickel, 14) Kobalt und 15) Chrom. Die zehn ersten derselben werden in den Hüttenwerken fast nur metallisch dargestellt, von den drei folgenden gewinnt man zugleich auch gewisse Verbindungen, und die letzten zwei werden ausschließlich im verbundenen Zustande gewonnen.

Jeder der, eines der eben angeführten 15 Metalle behandelnden Abschnitte des zweiten Theils kann in vier Unterabtheilungen gebracht werden, von denen die erste Abtheilung: die wichtigsten Eigenschaften des betreffenden Metalles, die zweite: die wichtigsten Erze, die dritte: eine Uebersicht der vorzüglichsten Verfahrungsarten zum Probiren derselben (Untersuchung der Erze auf ihren Metallgehalt), und die vierte: ihre metallurgische Zugutemachung, zum Gegenstande hat. Die drei ersten dieser Abtheilungen liegen, streng genommen, nicht innerhalb der Grenzen eines Lehrbuchs der Metallurgie, sondern ihr Inhalt sollte hier eigentlich als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Da es jedoch beim Studium der Metallurgie bedeutende Vortheile gewährt, alle diese dem Metallurgen wichtigen Erfahrungslehren, wenigstens ihren Hauptzügen nach, in einem und demselben Werke gesammelt zu finden, so wird eine solche Erweiterung der Grenzen, wenn sie auch nicht ganz logisch richtig ist, doch gewiß nicht unzweckmäßig zu nennen seyn.

Erster Theil.



Erster Abschnitt.

Die Lehre von den metallurgischen Processen im Allgemeinen.

Die Processe, durch welche der Metallurg die Metalle aus den ihm von der Hand des Bergmanns überlieferten Erzen gewinnt, sind, je nach der Beschaffenheit der betreffenden Metalle und Erze, von verschiedener Art. Inzwischen kann man von allen metallurgischen Processen, mit Ausnahme einiger vorbereitenden und untergeordneten Operationen, sagen, daß dieselben auf chemischen Principien beruhen. Nur auf chemischem Wege ist es möglich chemische Verbindungen aufzuheben, und nur auf diesem Wege können folglich Metalle von den Stoffen, mit welchen sie in den Erzen chemisch verbunden (vererzt) vorkommen, geschieden werden. In dem Falle, daß ein zu gewinnendes Metall in seinem Erze als mechanischer Gemengtheil enthalten ist, bietet sich freilich die Möglichkeit dar, es durch mechanische Mittel zu trennen; aber dennoch wird dieser Weg nur selten eingeschlagen, da er fast stets zu sehr unvollkommnen Resultaten führt. So z. B. kann Gold aus goldhaltigem Sande durch eine rein mechanische Arbeit, den Waschproceß, gewonnen werden, allein die Erfahrung hat gelehrt, daß diese Trennungsart im hohen Grade unvollständig ist, indem dadurch nur ein verhältnißmäßig sehr kleiner Theil des im Sande enthaltenen Goldes ausgebeutet werden kann. Die auf chemischen Principien beruhenden Arbeiten sind daher, als die wichtigsten und zahlreichsten unter den metallurgischen Processen, einer weit specielleren Beachtung werth als die mechanisch-metallurgischen Operationen.

I. Von den chemisch-metallurgischen Processen.

Um chemische Verbindungen zu bilden, ist es nothwendig, daß die kleinsten Theile (Molecule) der betreffenden Körper in einen beweglichen Zu-

stand versetzt werden, wodurch es der chemischen Attraktionskraft (Verwandtschaft) möglich wird, ein durchaus gleichförmig angeordnetes Molecular-Gemenge hervorzubringen. Um chemisch gebundene Körper aus ihren Verbindungen abzuscheiden, wird es erfordert letztere zu zerlegen, was nur durch die Bildung neuer chemischer Verbindungen geschehen kann, an denen der abzuscheidende Stoff keinen Antheil nimmt. Also auch bei jeder chemischen Trennung wird jener eben gedachte bewegliche Molecular-Zustand bedingt. In allen Flüssigkeiten und Gasarten ist dieser Zustand bereits vorhanden, und damit feste Körper denselben annehmen, müssen diese, so weit unsere jetzigen Erfahrungen mit Sicherheit reichen, entweder in Flüssigkeiten oder in Gasarten umgewandelt werden. Es ist jedoch, wie ebenfalls die Erfahrung lehrt, nicht immer nothwendig, daß, wenn zwei Körper chemisch auf einander wirken sollen, beide sich in einem dieser Zustände befinden, sondern es genügt häufig schon, wenn dies nur mit einem derselben der Fall ist. Die Erze, welche alle feste Körper sind, können also schon dadurch chemischen Veränderungen unterworfen werden, daß man sie der Einwirkung von gewissen Flüssigkeiten oder Gasarten aussetzt. Bei einigen der metallurgischen Processe verfährt man in der That auf diese Weise, indem man z. B. Sauerstoff, Chlor, Kohlenoxyd u. s. w., gesäuerte oder salzhaltige Flüssigkeiten auf die mehr oder weniger vorbereiteten Erze einwirken läßt. In der Mehrzahl der Fälle zieht man es aber vor, durch Schmelzung die Erze selbst in einen flüssigen Zustand zu bringen. Da sowohl bei der erwähnten Behandlung der Erze in einer Atmosphäre von gewissen Gasarten als bei der Schmelzung derselben fast ohne Ausnahme eine wenigstens bis zur Glühhitze gesteigerte Temperatur erforderlich ist, so pflegt man beide Methoden unter dem Namen des heißen oder trockenen Weges zusammenzufassen, während man die Behandlung der Erze mit wässerigen Flüssigkeiten unter dem Namen des kalten oder nassen Weges begreift. Beide Verfahrungsarten sind jedoch kaum wesentlich von einander verschieden, da es stets die Wärme ist, welche, sowohl in den gasförmigen als in den tropfbar flüssigen Körpern, die Beweglichkeit der Molecule hervorbringt. Der Unterschied hierbei ist nur der, daß die Flüssigkeiten, deren man sich bei Anwendung des nassen Weges bedient, ihren tropfbar flüssigen Zustand einem so geringen Wärmegrade wie dem der gewöhnlichen Luft-Temperatur verdanken, während die geschmolzenen Massen, mit denen wir bei Anwendung des heißen Weges operiren, ihren flüssigen Zustand erst in Folge einer mehr oder weniger erhöhten Temperatur annehmen. Obgleich jedoch das Wesentliche dieser beiden Methoden auf ein und dasselbe Princip hinausläuft, und obgleich es daher zwischen beiden keine scharfen Grenzen giebt, so erscheint es, der leichteren Uebersicht wegen, dennoch zweckmäßig, die chemisch-metallurgischen

Processe in die auf dem trocknen und die auf dem nassen Wege zu sondern.

Die Erze, welche der Metallurg zu behandeln hat, können sehr verschiedenartige mineralische Bestandtheile enthalten, und nicht selten kommt es vor, daß das aus denselben zu gewinnende Metall von mehreren andern Metallen, nebst von verschiedenen Erden, Alkalien und Metalloiden (besonders Schwefel und Sauerstoff) abgeschieden werden muß. Auf dem nassen Wege sind solche Scheidungen, selbst von der verwickeltsten Art, mit großer Genauigkeit ausführbar; da es sich aber bei den metallurgischen Processen zugleich stets um den größtmöglichen ökonomischen Vortheil handelt, so kann von dieser Trennungsart, wegen des meistentheils dabei erforderlichen Kosten- und Zeit-Aufwandes, nur in einzelnen Fällen Gebrauch gemacht werden. Inzwischen ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Fortschritte der Chemie die Anwendung des nassen Weges bei den metallurgischen Processen in der Folge noch bedeutend mehr ausdehnen werden, als es bis jetzt bereits geschehen ist.

Fast jeder chemisch-metallurgische Proceß, dessen Resultat das aus dem Erze extrahirte Metall oder eine gewisse, aus demselben abgeschiedene Verbindung ist, besteht aus einigen oder mehreren untergeordneten Processen. Letztere sind es eigentlich, welche in dem Folgenden näher betrachtet werden sollen, und erst in dem zweiten Theile der Metallurgie kann davon die Rede seyn, wie diese integrirenden Processe zweckmäßig zu jenen umfassenderen an einander gereiht werden. Nicht immer ist es möglich bei der Betrachtung eines einzelnen integrirenden Processes, den Zweck der Operation, in Bezug auf die endliche Gewinnung des regulinischen Metalls oder der betreffenden Verbindung, deutlich einzusehen, da nicht selten mehr oder weniger bedeutende Umwege genommen werden müssen, um zum gewünschten Ziele zu gelangen. Vorläufig kommt es daher nur darauf an, ohne Rücksicht auf den endlichen Zweck, die chemischen Vorgänge bei dem chemisch-metallurgischen Operationen verstehen zu lernen.

A. Die chemisch-metallurgischen Processe auf dem trocknen Wege.

1) Röstung.

Unter Röstung der Erze oder metallurgischen Produkte versteht man das Erhitzen dieser Körper bis zu einem Wärmegrade, bei welchem noch keine Schmelzung derselben eintritt, welcher aber groß genug ist, um dieselben in einem darüber geleiteten Strome von reiner oder mit anderen Gasarten (wie z. B. Chlor, Kohlenoxyd, Wasserdampf u. s. w.) gemengter

atmosphärischer Luft, gewisse chemische Veränderungen erleiden zu lassen. Diese Veränderungen eines oder mehrerer der Bestandtheile des gerösteten Körpers können hauptsächlich bestehen: 1) in einer Verbindung mit Sauerstoff (Oxydation), 2) in einer Verbindung mit Chlor (Chloration), 3) in einer Entziehung von Sauerstoff (Desoxydation, Reduktion), 4) in einer Verflüchtigung, in Folge einer durch den Röst-Proceß bewirkten Oxydation, Chloration oder Reduktion, oder auch nur in Folge der erhöhten Temperatur und der Einwirkung, welche Gasströme auf gebundene, mehr oder weniger flüchtige Stoffe ausüben. Je nachdem die eine oder die andere der genannten chemischen Veränderungen bezweckt wird, nennt man das Rösten ein **oxydirendes**, **chlorirendes**, **reducirendes** oder **verflüchtigendes**. Da letzteres sehr oft zugleich oxydirend, chlorirend oder reducirend ist, so kann es in diesen Fällen auch zu einer der drei erstgenannten Röstarten gerechnet werden. — Die Wirkung jeder dieser Arten des Röstens wird begreiflicherweise am schnellsten eintreten und am vollständigsten vor sich gehen, wenn der zu röstende Körper vorher gepulvert wurde, minder schnell und vollständig, wenn man ihn in mehr oder weniger großen Stücken anwendet, und am schwierigsten und unvollständigsten, wenn diese Stücke eine nur geringe Porosität besitzen. Auch wird es diese Wirkung begünstigen, wenn der chemisch einwirkende Gasstrom sich mit einer solchen Geschwindigkeit bewegt, daß der durch Zersetzung unbrauchbar gewordene Theil desselben, so wie die durch die Röstung etwa gebildeten gasförmigen Verbindungen schnell genug entfernt werden, um neuen Quantitäten des wirksamen Gases Platz zu machen. Bei der Röstung pulverförmiger Körper ist es zugleich von Wichtigkeit, daß die Oberfläche ihrer Gesammtmasse, durch Umrühren oder ähnliche mechanische Mittel, von Zeit zu Zeit verändert wird, damit, weil an solchen Stellen die stärkste Einwirkung des Gasstromes stattfindet, stets neue Partikel dieser Einwirkung ausgesetzt werden. Endlich darf die bei der Röstung angewendete Temperatur nie einen solchen Grad erreichen, daß die Röst-Masse dadurch zusammensintert oder gar theilweise schmilzt, in Folge dessen sie weniger leicht durch den Gasstrom chemisch verändert werden würde. Ist dieser Uebelstand eingetreten, so läßt er sich theilweise beseitigen, indem man die zusammengesinterten oder geschmolzenen Massen während des bei vermindertem Hitzgrade fortgesetzten Röst-Processes auf mechanische Weise zu zerkleinern sucht. — Folgende Beispiele werden dazu dienen, das Wesentliche der vorgedachten vier Arten des Röstens näher anschaulich zu machen.

[Arten der Röstung.]

Oxydirende Röstung.

Eine **oxydirende Röstung** ist es, wenn z. B. Magneteisenstein (Eisenoxyd-oxydul) bis zum starken Glühen erhitzt wird, während ein Strom von atmosphärischer Luft darüberstreicht, wodurch sich nach und nach das in diesem Erze enthaltene Eisenoxydul in Eisenoxyd umwandelt.

Chlorirende Röstung.

Eine chlorirende Röstung findet statt, wenn z. B. Silbererze in einem Strome von Chlorgas oder Salzsäuregas erhitzt werden. Es ist hierbei gleichgültig, ob das Silber in denselben als metallisches Silber, Silberoxyd oder Schwefelsilber vorhanden ist, denn in allen diesen Fällen wird Silberchlorid, Ag Cl, gebildet.

Reducirende Röstung.

Eine reducirende Röstung nennt man es, wenn z. B. über glühendes Nickeloxydul ein Strom von Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoff geleitet wird. Es entsteht hierbei metallisches Nickel und im ersten Falle Kohlensäure, im anderen Kohlenoxyd und Wasser. Auch ist es eine reducirende Röstung, wenn man einen Strom der genannten Gasarten bei erhöhter Temperatur über gewisse Metallsalze, z. B. schwefelsaure oder arseniksaure Oxyde, leitet, wodurch sich Schwefel- und Arsenik-Metalle bilden.

Verflüchtigende Röstung.

Eine verflüchtigende Röstung kann, wie bereits oben bemerkt, unter verschiedenen Umständen geschehen, nämlich:

Oxydirend-verflüchtigende Röstung.

a) in Folge einer Oxydation. Röstet man z. B. ein Schwefelmetall, so wird, je nach den nähern Umständen, ein mehr oder weniger großer Theil des Schwefels zu schweflichter Säure und Schwefelsäure oxydirt und in Gestalt dieser Verbindungen verflüchtigt, während entweder reines Metall, Metalloxyd, schwefelsaures Metalloxyd oder auch ein Gemenge der letzteren beiden zurückbleibt. Die verschiedenen Metalle zeigen ein in dieser Hinsicht verschiedenes Verhalten, welches außerdem noch durch den beim Rösten angewendeten Hitzgrad und durch einige andere Umstände modifizirt wird. Wegen Mangel an näheren Untersuchungen über diesen für den Metallurgen nicht unwichtigen Gegenstand können nur etwa folgende erläuternde Beispiele angeführt werden.

Schwefeleisen. Durch Verwitterung, unter hinreichendem Zutritt von Luft und Feuchtigkeit, verwandelt sich Einfach-Schwefeleisen, $\dot{F}e$, nach und nach in Eisenvitriol, $\dot{F}e\ddot{S} + 6\dot{H}$. Auch durch oxydirende Röstung desselben erhält man dieses Salz, aber im wasserfreien Zustande, indem das Eisen zu Eisenoxydul und der Schwefel theils zu schweflichter Säure, theils zu Schwefelsäure oxydirt wird. Setzt man die Röstung lange genug fort, so wird das gebildete schwefelsaure Eisenoxydul zerlegt, das Eisenoxydul oxydirt sich höher, ein Theil der Schwefelsäure zersetzt sich in Sauerstoff und schweflichte Säure, und basisch schwefelsaures Eisenoxyd (oder ein Gemenge von $\dddot{F}e$ und $\dddot{F}e\ddot{S}^3$) bleibt zurück. Bei steigender Temperatur wird auch dies zerlegt, und man erhält zuletzt Eisenoxyd. Bei einer Röstung im Großen ist es jedoch, wegen der größeren Masse des angewendeten Schwefeleisens, sehr schwierig dasselbe vollständig in Eisenoxyd umzuwandeln. Je vollständiger das Schwefeleisen mechanisch zer-

Oxydirend-verflüchtigende Röstung.

kleinert war, je fleißiger es während der Röstung gerührt wurde, je allmäliger man die Erhitzung desselben steigerte und je zweckmäßiger man den Luftwechsel unterhielt, desto besser gelingt die Röstung, d. h. desto weniger unzersetztes Schwefeleisen wird dem zuletzt erhaltenen Eisenoxyde beigemengt seyn. Der höhere Hitzgrad, welcher zum Austreiben der Schwefelsäure aus dem basisch schwefelsauren Eisenoxyd erfordert wird, darf nicht eher eintreten, als bis das Verglimmen der Masse, nämlich die Oxydation des Schwefels und Eisens, vorüber ist. — Auf ganz ähnliche Weise kann Doppelt-Schwefeleisen, $\ddot{F}e$, zu Eisenoxyd abgeröstet werden.

Schwefelzink ($\acute{Z}n$) verändert sich, selbst wenn es in Pulverform einer oxydirenden Röstung unterworfen wird, nur langsam zu einem Gemenge von Zinkoxyd, $\dot{Z}n$, und schwefelsaurem Zinkoxyd, $\dot{Z}n\dddot{S}$. Bei erhöhter Temperatur wird, unter Austreibung eines Theils Schwefelsäure, letzteres zu basisch schwefelsaurem Zinkoxyd, $\dot{Z}n^3\dddot{S}$, bis auch endlich, bei starker Glühhitze, der noch übrige Antheil Schwefelsäure ausgetrieben wird und reines Zinkoxyd zurückbleibt. Wegen der schwierigen Oxydirbarkeit des Schwefelzinks ist jedoch ein solches Resultat noch weniger leicht zu erhalten als beim Schwefeleisen, und fast stets ist das zurückbleibende Zinkoxyd mit mehr oder weniger Schwefelzink verunreinigt. In einer Beziehung ist aber die Röstung des Schwefelzinks mit weniger Schwierigkeit verbunden als die des Schwefeleisens, indem nämlich das erstere einen stärkeren Hitzgrad verträgt, ohne theilweise in Schmelzung zu gerathen.

Schwefelwismuth ($\acute{B}i$). Wegen seiner leichten Schmelzbarkeit und zugleich wegen der Flüssigkeit des Wismuthoxydes ist dasselbe sehr schwierig vollständig abzurösten.

Schwefelkupfer ($\acute{C}u$). Bei einer vorsichtig geleiteten Röstung verwandelt sich dasselbe in ein Gemenge von Kupferoxydul, $\acute{C}u$, und schwefelsaurem Kupferoxyd, $\dot{C}u\dddot{S}$. Freies Kupferoxyd, $\dot{C}u$, kann nämlich hierbei nicht entstehen, so lange sich schweflichte Säure, in Folge der Verbrennung des Schwefels, entwickelt, da Kupferoxyd, wenn es im erhitzten Zustande mit schweflichter Säure, $\ddot{S}$, in Berührung kommt, zu Kupferoxydul und schwefelsaurem Kupferoxyd wird. Sobald aber alles Schwefelkupfer in ein solches Gemenge umgewandelt ist, beginnt sich auch das Kupferoxydul höher zu oxydiren. Durch stärkeres Erhitzen wird darauf die Schwefelsäure aus dem schwefelsauren Kupferoxyd, zuerst theilweise (indem sich basisch schwefelsaures Kupferoxyd, $\dot{C}u^3\dddot{S}$, bildet) und dann vollständig ausgetrieben. Bei einer unvollkommnen Abröstung des Schwefelkupfers, wie dieselbe meistens stattfindet, wenn schwefelkupferhaltige Erze oder

Oxydirend-verflüchtigende Röstung.

Hüttenprodukte im Großen oxydirend geröstet werden, pflegt ein Gemenge von Kupferoxydul, schwefelsaurem Kupferoxyd, Schwefelkupfer und metallischem Kupfer zu entstehen. Letzteres scheint sich an solchen Stellen zu bilden, wo das Kupferoxydul, umgeben von einer Atmosphäre von schweflichter Säure, einer etwas höheren Temperatur ausgesetzt war, als die, welche erforderlich ist, um Kupferoxyd durch schweflichte Säure zu Kupferoxydul zu reduciren.

Schwefelblei ($\acute{Pb}$) ist, weil es leicht zusammensintert, schwierig zu rösten und hinterläßt hierbei ein Gemenge von schwefelsaurem Bleioxyd und Bleioxyd. Aus ersterem kann die Schwefelsäure nicht ausgetrieben werden, selbst wenn man die Temperatur bis zur Schmelzung steigert.

Schwefelsilber ($\acute{Ag}$). Für sich geröstet kann es gänzlich in metallisches Silber umgewandelt werden. Ist dasselbe aber mit anderen Schwefelmetallen, z. B. Schwefeleisen oder Schwefelkupfer, gemengt, so bildet sich stets ein Theil schwefelsaures Silberoxyd, welches erst bei sehr erhöhter Temperatur in Metall, Sauerstoff und schweflichte Säure zersetzt wird.

Schwefelgold, sowohl für sich als im Gemenge mit anderen Schwefelmetallen geröstet, wird stets in Gold und schweflichte Säure umgeändert.

Schwefelquecksilber verhält sich wie Schwefelgold, indem sich das Quecksilber metallisch ausscheidet, aber sich zugleich auch verflüchtigt.

Schwefelantimon ($\overset{\prime\prime\prime}{Sb}$) ist, wegen seiner leichten Schmelzbarkeit, schwierig vollständig abzurösten. In der Regel entsteht ein Gemenge von antimoniger Säure, Antimonoxyd und Schwefelantimon. Bei zu starker Hitze wird ein Theil des Antimonoxyds verflüchtigt.

Schwefelarsenik, sowohl rother ($\acute{As}$) als gelber ($\overset{\prime\prime\prime}{As}$), zersetzt sich beim Rösten zu arsenichter und schweflichter Säure, die beide verflüchtigt werden.

Schwefelnickel kann ohne Schwierigkeit zu einem Gemenge von Nickeloxydul und Nickeloxyd abgeröstet werden, dem nur wenig unzersetztes Schwefelnickel beigemengt ist. So lange sich schweflichte Säure in hinreichender Menge entwickelt, entsteht nur Nickeloxydul, später erst Nickeloxyd.

Schwefelkobalt verhält sich ähnlich wie Schwefelnickel, doch mit dem Unterschiede, daß sich stets ein Theil schwefelsaures Kobaltoxydul bildet.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die angeführten Vorgänge bei der Röstung von Schwefelmetallen, nicht unwesentliche Modificationen erleiden, wenn, anstatt eines Stromes von reiner atmosphärischer Luft, ein Strom von einer mit reducirenden Gasarten, wie Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff, und außerdem vielleicht noch mit Wasserdämpfen gemengten

Luft angewendet wird, wie dies bei allen Röstungen im Großen mehr oder weniger der Fall ist. Der Wasserdampf äußert bei höherer Temperatur eine sehr bemerkenswerthe Wirkung auf die Schwefelmetalle; so z. B. zersetzt sich Schwefeleisen damit zu Eisenoxydul und Schwefelwasserstoff, und aus Schwefelsilber wird metallisches Silber abgeschieden, indem sich sowohl Schwefelwasserstoff als schweflichte Säure bilden.

Das Verhalten der Arsenik- und Phosphor-Metalle bei oxydirender Röstung ist noch weniger bekannt als das der Schwefelmetalle. Nur so viel kann als ausgemacht gelten, daß Arsenik hierbei im Allgemeinen noch schwieriger als Schwefel, Phosphor aber, wegen der Beständigkeit der Phosphorsäure bei hoher Temperatur, nur zum kleinsten Theile zu entfernen ist.

Chlorirend-verflüchtigende Röstung.

b) In Folge einer Chloration. Eine verflüchtigende Röstung dieser Art ist es, wenn z. B. eisenhaltige Silbererze chlorirend geröstet werden, wobei sich ein Theil des Eisens als Eisenchlorid, $Fe^2 Gl^3$, verflüchtigt. Enthalten solche Erze zugleich Arsenik, Antimon, Zink, Zinn, Wismuth, Quecksilber, Chrom oder Schwefel, so bilden sich auch flüchtige Verbindungen des Chlors mit diesen Körpern.

Reducirend-verflüchtigende Röstung.

c) In Folge einer Reduktion. Werden z. B. zinkoxydhaltige Eisenerze in einem Strome von reducirenden Gasarten, wie Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff, erhitzt, so entsteht außer metallischem Eisen auch metallisches Zink, welches sich bei hinreichend hoher Temperatur als solches verflüchtigt. Bei der reducirenden Röstung von arseniksauren oder arsenichtsauren Oxyden entweicht ein Theil des Arseniks in metallischer Gestalt. Ein ähnlicher Vorgang findet statt, wenn antimon-, tellur-, selen- oder schwefelsaure Verbindungen reducirend geröstet werden.

Einfach-verflüchtigende Röstung.

d) In Folge der erhöhten Temperatur und der Einwirkung, welche Gasströme auf gebundene mehr oder weniger flüchtige Stoffe ausüben. Eine solche Röstung findet statt, wenn z. B. wasser- oder kohlensäurehaltige Erze bei Luftzutritt erhitzt werden, wobei sich Wasser und Kohlensäure verflüchtigen. Die Erfahrung lehrt, daß dieses Austreiben der Kohlensäure (wenigstens bei kohlensaurem Kalk, Baryt u. s. w.) leichter vor sich geht, wenn die Erhitzung der betreffenden Substanzen in einem Strome von Wasserdampf, als wenn dieselbe in atmosphärischer Luft geschieht. Auch das Erhitzen solcher Erze und mineralischer Substanzen, aus denen nur hygroskopisch gebundenes Wasser verflüchtigt wird, kann zu dieser Art der verflüchtigenden Röstung gerechnet werden. Man pflegt diese Operationen Brennen oder Calciniren*) zu nennen.

*) Diese Benennung ist inzwischen nicht ganz passend, da Calciniren (Verkalken) ursprünglich so viel wie Oxydiren bedeutet.

2) Schmelzung.

Während die chemischen Veränderungen, welche die Erze und metallurgischen Produkte bei der Röstung erleiden, darauf begründet sind, daß gewisse Gase auf erhitzte starre Metall-Verbindungen chemisch zerlegend einwirken, beruhen die chemischen Vorgänge bei der Schmelzung darauf, daß wenn zwei feurig-flüssige (geschmolzene) Körper zusammengebracht werden, dieselben in vielen Fällen einer chemischen Veränderung unterworfen sind. Gleich wie der auf dem nassen Wege arbeitende Chemiker mit liquiden Säuren und wässerigen Solutionen operirt, dadurch Auflösungen bewirkt und Niederschläge hervorbringt, verfährt der Metallurg mit den bei höherer Temperatur geschmolzenen Verbindungen der Metalle. Bei allen metallurgischen Schmelz-Processen, mit Ausnahme einiger weniger, besteht das Resultat in der vollkommnen oder theilweisen Abscheidung eines oder mehrerer der Bestandtheile des der Schmelzung unterworfenen Erzes oder Produktes, wodurch also dem Endzwecke aller metallurgischen Processe, der Darstellung des regulinischen Metalls, mehr oder weniger näher gerückt wird. Diese chemische Abscheidung würde, da der Metallurg nicht das Filtrum des Chemikers anwenden kann, in vielen Fällen nur wenig helfen, wenn sich nicht ein mechanisches Gemenge von geschmolzenen mineralischen Massen nach den Gesetzen der Schwere anordnete, indem sich die specifisch schwerste zu unterst und die specifisch leichteste zu oberst ansammelt. Bei allen Schmelzprocessen findet eine solche mechanische Absonderung von wenigstens zwei, in vielen Fällen von drei und mitunter sogar von vier verschiedenen Schichten statt. Aus welchen Stoffen diese Schichten im Allgemeinen bestehen, ist leicht zu finden, wenn man bedenkt, welche Bestandtheile die der Schmelzung unterworfenen Massen zu enthalten pflegen. Bei jeder Erz-Schmelzung wird es unvermeidlich seyn, daß ein Theil der, in der Regel aus Silikaten von Erden und Alkalien bestehenden Gebirgs- oder Gangart, von welcher das Erz begleitet wird, zugleich mit letzterem in die Schmelzung kommt. Dies bewirkt die Entstehung einer glasartigen Masse, der Schlacke, welche aus jenen Silikaten zusammenschmilzt. Das Erz selbst besteht häufig aus Schwefelmetallen, welche sich durch die Schmelzung zu einer homogenen Masse, dem Stein, vereinigen. Es giebt nun Schmelz-Processe, bei denen sich Schlacke und Stein, andere, bei denen sich Schlacke und regulinisches Metall, und noch andere, bei denen sich Schlacke, Stein und regulinisches Metall absondern. Die Schlacke bildet hierbei stets die oberste Schicht, unter derselben liegt der Stein oder das regulinische Metall, und im Fall beide vorhanden sind, nimmt letzteres die unterste Stelle ein. Nur bei wenigen

Mechanische Sonderung der geschmolzenen Massen.

Schlacke.

Stein.

Regulinisches Metall.

Schmelzungen sondert sich zwischen Stein und Metall noch eine vierte (arsenik= oder antimonreiche) Schicht aus, die sogenannte Speise. Die Stelle der Schlacke nimmt bei einigen metallurgischen Processen ein geschmolzenes Oxyd ein, zuweilen auch ein Gemenge von mehreren Oxyden. — Nicht in allen Fällen ist diese mechanische Sonderung in Schlacke, Stein und reguliniſches Metall ganz scharf. So z. B. schmelzen Blei und Schwefelblei in allen Verhältnissen zusammen, und Schwefelzink wird in beträchtlicher Menge von gewissen Schlacken aufgelöst.

Speise.

Nachdem es durch das eben Angeführte einleuchtend geworden seyn wird, wie die mechanische Absonderung gewisser geschmolzener Mineralmassen dem Metallurgen bei seinen Processen sehr zu Hülfe kommt, handelt es sich jetzt darum zu zeigen, welche chemische Scheidungsarten derselbe bei der Schmelzung in Anwendung bringt. — Die wichtigsten metallurgischen Schmelzmethoden lassen sich, nach den dabei vorgehenden chemischen Veränderungen des behandelten Materials, in vier Klassen bringen, nämlich in 1) die oxydirende Schmelzung, 2) die reducirende Schmelzung, 3) die solvirende Schmelzung und 4) die präcipitirende Schmelzung.

Arten der Schmelzung.

Oxydirende Schmelzung.

Unter oxydirender Schmelzung versteht man eine solche, bei welcher auf eine geschmolzene oder durch höhere Temperatur erweichte, metallische oder geschwefelt metallische Verbindung durch ein Oxydationsmittel oxydirend eingewirkt wird. Hierdurch bezweckt man die Oxydation der in der Verbindung vorhandenen, am leichtesten oxydirbaren Stoffe, und in Folge davon das Abscheiden derselben von den weniger leicht oxydirbaren Metallen. Der oxydirte Körper geht entweder, wenn er flüchtig ist, in Gasform fort, oder er scheidet sich, wenn er bei der angewendeten Temperatur schmelzbar ist, als flüssige Lage aus, oder er wird durch Zusatz von anderen Substanzen in eine flüssige Verbindung umgeändert, oder endlich er legt sich als fester oder staubartiger Ueberzug auf die metallische Masse. Bei vielen oxydirenden Schmelzungen werden mehrere Stoffe zugleich oxydirt und mitunter auf verschiedenen der hier angeführten Wege entfernt. Als Oxydationsmittel benutzt man in den meisten Fällen die atmosphärische Luft, zuweilen auch andere Stoffe, welche die Eigenschaft besitzen, bei erhöhter Temperatur, besonders aber im geschmolzenen Zustande, Sauerstoff an leicht oxydirbare Körper, mit denen sie in Berührung kommen, abzutreten. Oxydationsmittel der letzteren Art sind z. B. Bleioxyd (auch in Verbindung mit Säuren, wie Kohlensäure, Schwefelsäure, Kieselsäure u. s. w.), schwefelsaures Kupferoxyd, schwefelsaures Eisenoxydul, Salpeter und basisch (Sechstel=) kieselsaures Eisenoxydul. — Folgende Beispiele von oxydirenden Schmelzungen verschiedener Art werden als nähere Erläuterungen dienen.

Oxydationsmittel.

1) Atmosphär. Luft.

Wird eine Legirung von Gold und Antimon geschmolzen, und über die Oberfläche der hinreichend erhitzten geschmolzenen Masse ein Strom von atmosphärischer Luft geleitet, so oxydirt sich das Antimon nach und nach zu Antimonoxyd, welches sich verflüchtigt und das Gold zuletzt in reinem Zustande zurückläßt. Nur wenn die Oxydation bei zu hoher Temperatur und unter zu lebhaftem Luftwechsel geschieht, bildet sich antimonige Säure, welche sich in geschmolzenem Zustande auf der Oberfläche des Goldes ansammelt. Auch von Arsenik und Schwefel kann das Gold auf diese Weise geschieden werden. — Silber zeigt, in seinen Verbindungen mit Antimon, Arsenik und Schwefel, ein ähnliches Verhalten.

Leitet man auf die Oberfläche geschmolzenen und durch verschiedene Metalle und Metalloide, wie Eisen, Kobalt, Blei, Antimon, Arsenik und Schwefel, verunreinigten Kupfers einen lebhaften Luftstrom, so verflüchtigen sich die drei letztgenannten Beimengungen im oxydirten Zustande, während sich zugleich eine mehr oder weniger flüssige Schicht, bestehend aus Eisenoxyd, Kobaltoxydul, Bleioxyd, antimoniger Säure und Kupferoxydul, auf der Oberfläche des Metalls ausscheidet, bis der größte Theil des Kupfers fast rein zurückbleibt. Je mehr Blei im Verhältniß zu den anderen verunreinigenden Metallen vorhanden war, je mehr Bleioxyd sich also bildete, desto flüssiger ist jene Schicht, während sie im entgegengesetzten Falle eine mehr starre Consistenz besitzt. In beiden Fällen muß für die Fortschaffung derselben gesorgt werden, damit sich der Oxydation wieder eine neue metallische Oberfläche darbietet. Bei der flüssigen Schicht geschieht dies theils dadurch, daß sie, wegen der convexen Oberfläche der geschmolzenen Metallmasse, sich von selbst an den Rand derselben begiebt, theils dadurch, daß der heftige Luftstrom sie hinwegtreibt. Häuft sich die flüssige Schicht dennoch zu sehr an, so muß sie durch andere Mittel entfernt werden. Die starre Oxydschicht wird mit Hülfe einfacher Werkzeuge von Zeit zu Zeit weggenommen.

Unterwirft man eine Legirung von Gold und Blei einer oxydirenden Schmelzung der gedachten Art, so scheidet sich so lange geschmolzenes Bleioxyd aus, bis reines Gold zurückbleibt. Ein Theil des Bleioxydes wird jedoch, bei hoher Temperatur und starkem Luftstrome, verflüchtigt. — Gold und Wismuth verhalten sich ebenso.

Eine Legirung von Silber und Blei oder Silber und Wismuth zeigt ein ähnliches Verhalten wie die eben erwähnten Goldlegirungen. Durch das sich verflüchtigende Bleioxyd und Wismuthoxyd wird aber noch leichter eine kleine Quantität Silber fortgeführt, als in dem entsprechenden Falle Gold.

Eine Legirung von Gold oder Silber mit Blei oder Wismuth

1) Atmosphärische Luft.

und zugleich mit geringen Beimengungen von anderen unedlen Metallen, wie Eisen, Kobalt, Kupfer u. s. w., wird auf die erwähnte Weise ebenfalls zu reinem Gold oder Silber umgeändert, indem das flüssige Bleioxyd oder Wismuthoxyd die Oxyde der anderen Metalle in sich aufnimmt.

Wird eine Verbindung von Arsenik, Eisen, Kobalt und Nickel auf die Weise oxydirend geschmolzen, daß das entstehende Eisenoxyd und Kobaltoxydul sogleich durch einen die geschmolzene Metallmasse theilweise bedeckenden leichtflüssigen Körper, wie z. B. Borax, aufgelöst und weggeschafft wird, so kann man, nach Plattner's Erfahrungen, den Proceß so leiten, daß zuletzt eine geschmolzene Verbindung von $Ni^2 As$ zurückbleibt. Man würde auf diesem Wege reines Nickelmetall erhalten können, wenn nicht, in dem Maaße als der Arsenikgehalt sich vermindert, zugleich auch der Schmelzpunkt der Legirung erhöht würde, aus welchem Grunde dieselbe endlich erstarrt. Zugleich hat Plattner bemerkt, daß sich bei diesem Processe zuerst Eisen, dann Kobalt und darauf erst Nickel oxydirt.

Beispiele von oxydirenden Schmelzungen, bei denen das Oxydationsmittel nicht atmosphärische Luft, sondern ein fester, leicht Sauerstoff abgebender Körper ist, sind folgende.

2) Bleioxyd.

Schmilzt man Bleioxyd mit leicht oxydirbaren Metallen zusammen, so werden diese durch den Sauerstoff des Bleioxydes oxydirt, während sich eine entsprechende Menge metallisches Blei bildet. Dies ist

Wirkung desselben im Allgemeinen.

jedoch nicht so zu verstehen, daß, wenn Bleioxyd z. B. mit einer entsprechenden Quantität Antimonoxyd zusammengeschmolzen wird (so daß der Sauerstoff des ersteren gerade hinreichend ist, um alles Antimon in Antimonoxyd zu verwandeln), man alsdann nur metallisches Blei und Antimonoxyd erhält, sondern die Zersetzung geschieht nur theilweise: es entsteht antimonhaltiges Blei, über welchem sich eine Schicht von geschmolzenem bleioxydhaltigen Antimonoxyd ansammelt. Je feiner das Bleioxyd und das Antimon gepulvert waren, und je inniger sie mit einander gemischt wurden, desto vollständiger geschieht die Oxydation des Antimons. Könnte man beide Körper so zu sagen atomweise zusammenschmelzen, so würde die Zersetzung am vollständigsten erfolgen. Da dies aber nicht geschehen kann, so ist nicht zu verhindern, daß ein Theil des gebildeten Antimonoxydes mit einem Theile des noch unzersetzten Bleioxydes zusammenschmilzt und dadurch letzteres weniger geeignet macht oxydirend zu wirken, namentlich weil sich die geschmolzene Verbindung beider Oxyde auf die Oberfläche der specifisch schwereren Metallmasse begiebt. Wird dagegen eine gewisse Menge Bleioxyd mehr angewendet, als, der Theorie nach, zur Oxydation des Antimons erforderlich ist, so kann die ganze Quantität dieses Metalls oxydirt erhalten werden. Beim Zusammenschmelzen von

Bleioxyd mit anderen Metallen, welche geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff haben als das Antimon, kann man, eben wegen dieser geringeren Verwandtschaft, deren vollständige Oxydation nur durch einen desto größeren Zusatz von Bleioxyd bewirken.

Wird Bleioxyd in erforderlicher Menge mit Schwefel- oder Arsenik-Metallen zusammengeschmolzen, so werden Schwefel und Arsenik zu schweflichter und arsenichter Säure oxydirt und als solche verflüchtigt, und es entsteht eine aus Blei und den betreffenden Metallen gebildete Legirung.

Das Verhalten verschiedener Metalle und Schwefelmetalle zum Bleioxyd ist besonders von Berthier untersucht worden. Die folgenden Beispiele sind aus den Resultaten seiner zahlreichen Versuche entlehnt.

Einwirkung desselben auf leicht oxydirbare Metalle.

10 Gewichtstheile Antimon und 40 Gewichtstheile Bleioxyd gaben beim Zusammenschmelzen einen etwa 23 Gewichtstheile schweren Bleiregulus. Alles Antimon war in Oxyd verwandelt und mit dem unveränderten Bleioxyde zu einer gut geflossenen, dichten, topasgelben Schlacke zusammengeschmolzen. — Also durch Zusammenschmelzen von

$$2\,Sb \text{ mit } 4\tfrac{4}{7}\,\dot{Pb}$$

entsteht:

$$\ddot{Sb} + 1\tfrac{4}{7}\,\dot{Pb} \text{ (Schlacke)}$$

$$\text{und } 3\,Pb \text{ (Regulus).}$$

10 Gewichtstheile Zinn mit 37,5 Gewichtstheilen Bleioxyd zusammengeschmolzen, lieferten eine gefrittete, mattgraue, in ihrem Innern Bleikörner enthaltende Masse. Die Oxydation war also, obgleich 37,5 Gewichtstheile Bleioxyd gerade so viel Sauerstoff enthalten als 10 Gewichtstheile Zinn zu ihrer Oxydation zu Oxyd gebrauchen, nicht vollständig gewesen. Nach Berthier's Meinung hat sich das Zinn hierbei nur zu Oxydul oxydirt, und ist als solches mit dem nicht zerlegten Bleioxyd zu einer schwer schmelzbaren Masse zusammengesintert, welche das Vereinigen der einzelnen Bleikugeln zu einem Regulus verhinderte. — Als 10 Gewichtstheile Zinn einmal mit 80 Gewichtstheilen und das andere Mal mit 120 Gewichtstheilen Bleioxyd zusammengeschmolzen wurden, erhielt man in beiden Fällen 26 Gewichtstheile reguliniſches Blei, während man, wenn jene 10 Gewichtstheile Zinn zu Oxydul ($\dot{Sn}$) oxydirt worden wären, nur etwa 17,6, und wenn sich dieselben in Oxyd ($\ddot{Sn}$) umgewandelt hätten, dagegen 35,2 Gewichtstheile Blei hätte erhalten müssen. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß sich das Zinn zu Sesquioxydul ($\ddot{Sn}$) oxydirt hat, in welchem Falle sein Sauerstoffgehalt nahe dem Sauerstoffverlust der 26 Gewichtstheile Blei entspricht. — Durch Zusammenschmelzen von ungefähr:

Einwirkung desselben auf leicht oxydirbare Metalle.

$$2\ Sn \text{ mit } 8\ \dot{P}b$$

entsteht:

$$\dddot{S}n + 5\ \dot{P}b \text{ (Schlacke)}$$

$$\text{und } 3\ Pb \text{ (Regulus)}.$$

10 Gewichtstheile Zink und 100 Gewichtstheile Bleioxyd gaben beim Zusammenschmelzen 13 Gewichtstheile dehnbares metallisches Blei und eine krystallinische, geschmolzenem reinen Bleioxyd ähnliche Schlacke. Zugleich konnte bemerkt werden, daß sich ein Theil des Zinkes bei der zur Schmelzung erforderlichen Temperatur verflüchtigte. Berthier nimmt an, daß dies etwa 1/5 der angewendeten Quantität Zink gewesen sey, woraus inzwischen folgen würde, daß das Zink nur zu Suboxyd oxydirt worden und als solches mit dem Bleioxyd zusammengeschmolzen sey; denn zu 13 Gewichtstheilen Blei gehört etwa 1 Gewichtstheil Sauerstoff, wodurch nur 4 Gewichtstheile Zink in Oxyd, dagegen 8 Gewichtstheile Zink in Suboxyd umgewandelt werden können. Ist also das Zink zu Oxyd oxydirt worden, so haben sich 3/5 von der angewendeten Menge des Zinks verflüchtigt.

Bei der Zusammenschmelzung von 20 Gewichtstheilen Wismuth mit 40 Gewichtstheilen Bleioxyd erhielt Berthier 24,3 Gewichtstheile einer dehnbaren, zinnweißen Legirung und eine geschmolzenem Bleioxyde ähnliche Schlacke. Hätte sich alles Wismuth oxydirt, so hätte der Regulus aus reinem Blei bestehen und ungefähr 29 Gewichtstheile wiegen müssen. Durch eine größere Quantität Bleioxyd würde dies wahrscheinlich erreicht worden seyn.

Durch Zusammenschmelzen von 10 Gewichtstheilen Eisen, bei einem Versuche mit 100 Gewichtstheilen und bei einem zweiten mit 160 Gewichtstheilen Bleioxyd wurden im ersten Falle 40 Gewichtstheile Blei und eine dickflüssige, im zweiten Falle 46,6 Gewichtstheile Blei und eine leichtflüssige Schlacke erhalten. Hätte sich das Eisen zu Oxydul oxydirt, so würden sich nur 38,8 Gewichtstheile Blei gebildet haben, wäre es dagegen vollständig in Oxyd umgewandelt worden, so müßten 58,2 Gewichtstheile Blei erzeugt worden seyn. Es scheint also, daß Eisen durch Bleiglätte theils in Oxydul, theils in Oxyd umgewandelt wird. Im Falle das gewöhnliche Oxyd-Oxydul ($\dddot{F}e\,\dot{F}e$) gebildet worden wäre, hätte man 48,5 Gewichtstheile Blei erhalten müssen, was also mit dem Resultate des zweiten Versuchs nahe übereinstimmt. — Es scheint daher, daß durch Zusammenschmelzen von:

$$3\ Fe \text{ mit } 12\ \dot{P}b$$

entsteht:

$$\dddot{F}e\,\dot{F}e + 8\ \dot{P}b \text{ (Schlacke)}$$

$$\text{und } 4\ Pb \text{ (Regulus)}.$$

Einwirkung desselben auf leicht oxydirbare Metalle.

In fünf Versuchen, bei welchen 15,8 Gewichtstheile (4 Atome) Kupfer mit 13,9 (1 At.), 27,9 (2 At.), 55,8 (4 At.), 167,4 (12 At.), und 334,6 (24 At.) Gewichtstheile Bleioxyd zusammengeschmolzen wurden, konnte nie alles Kupfer (zu Oxydul) oxydirt werden, indem stets Legirungen von Blei und Kupfer und eine aus Bleioxyd und Kupferoxydul bestehende Schlacke erhalten wurden. Beim ersten Versuche bestand die Legirung, der Rechnung nach, ungefähr aus 13,6 Gewichtstheilen Kupfer und 3,4 Gewichtstheilen Blei, beim letzten aus 3,6 Gewichtstheilen Kupfer und 20 Gewichtstheilen Blei. Das Kupfer wird also nur durch ein sehr großes Uebermaaß von Bleioxyd (im Verhältniß von 1 At. Kupfer zu 6 At. Bleioxyd noch nicht vollständig) zu Kupferoxydul oxydirt. Dies rührt daher, daß das Kupfer eigentlich weniger Verwandtschaft zum Sauerstoff hat als das Blei; denn nach Berthier's Versuchen reicht eine verhältnißmäßig weit geringere Quantität Kupferoxydul hin, um beim Zusammenschmelzen mit Blei letzteres zu oxydiren. Es ergiebt sich also hieraus das anscheinend paradoxe Resultat, daß Bleioxyd das Kupfer zu Kupferoxydul, und umgekehrt Kupferoxydul das Blei zu Bleioxyd oxydirt, nur mit dem Unterschiede, daß im ersten Falle bedeutend mehr Bleioxyd als im zweiten Falle Kupferoxydul erfordert wird.

Das eben angeführte Verhalten ist keine alleinstehende Thatsache; man braucht z. B. nur an die Oxydation des glühenden Eisens in Wasserdampf und an die Wasserbildung durch Einwirkung von Wasserstoff auf glühendes Eisenoxyd zu denken, um ein Analogon zu haben. Es ist aber auch keinem Zweifel unterworfen, daß die Oxyde des Antimons, Zinns, Zinks, Wismuths und Eisens, wenn sie in hinreichender Menge angewendet werden, oxydirend auf das metallische Blei einwirken, obgleich umgekehrt, zufolge der eben angeführten Versuche, das Bleioxyd alle diese Metalle zu oxydiren vermag. Allgemein läßt sich das diesen Thatsachen zu Grunde liegende Gesetz etwa folgendermaßen aussprechen. Bei der Zusammenschmelzung irgend eines der leichter oxydirbaren (sogenannten unedlen) Metalle mit dem Oxyde eines anderen dieser Metalle erfolgt stets eine wenigstens theilweise Oxydation des ersteren, und die relative Menge des gebildeten Oxydes ist abhängig 1) von der relativen Menge des angewendeten Oxydes, und 2) von dem Grade, in welchem sich das Metall elektropositiv zum Oxyde, oder umgekehrt das Oxyd elektronegativ zum Metalle verhält.

Allgemeines Verhalten der Metalle beim Zusammenschmelzen mit Oxyden.

Die Einwirkung des Bleioxydes auf Schwefel-Metalle, beim Zusammenschmelzen mit denselben, kennen zu lernen, ist für den Metallur-

Einwirkung desselben auf Schwefel-Metalle.

gen von ganz besonderer Wichtigkeit. **Berthier's** Versuche liefern hierüber folgende Aufschlüsse.

Wird 1 Gwthl. **Einfach-Schwefeleisen** ($\overset{\prime}{Fe}$) mit etwa 30 Gwthl. **Bleioxyd** zusammengeschmolzen, so wird aller Schwefel als schweflichte Säure verflüchtigt und das Eisen (wahrscheinlich zu $\ddot{F}e\,\dot{F}e$) oxydirt, während das nicht zersetzte Bleioxyd mit dem oxydirten Eisen zu einer glasigen Schlacke zusammenschmilzt, die sich über dem ausgeschiedenen metallischen Blei ansammelt. Wendet man weniger Blei an, so ist die Zerlegung unvollkommen, indem dann ein Theil $\overset{\prime}{Fe}$ unzersetzt in die Schlacke geht. — Um **Doppelt-Schwefeleisen** ($\overset{\prime\prime}{Fe}$) auf diese Weise zu oxydiren, werden auf 1 Gwthl. desselben etwa 50 Gwthl. Bleioxyd erfordert.

Zur Oxydation von 1 Gwthl. **Halb-Schwefelkupfer** ($\overset{\prime}{\overline{Cu}}$) durch **Bleioxyd** (zu Kupferoxydul und schweflichter Säure) sind etwa 25 Gwthl. (9 At.) Bleioxyd nöthig.

Um eine Verbindung von **Schwefelkupfer** mit **Schwefeleisen** ($\overset{\prime}{\overline{Cu}}, \overset{\prime\prime\prime}{\overline{Fe}}$; Kupferkies) vollständig zu oxydiren, werden wenigstens 30 Gwthl. Bleioxyd erfordert. Wendet man weniger an, so wird das unzersetzte Schwefelkupfer nicht von der aus Bleioxyd und Kupferoxydul bestehenden Schlacke aufgelöst, sondern bildet mit einem Theile des ausgeschiedenen Bleies einen Stein.

1 Gwthl. **Schwefelantimon** ($\overset{\prime\prime\prime}{\overline{Sb}}$) wird durch ungefähr 25 Gwthl. **Bleioxyd** vollständig zu Antimonoxyd und schweflichter Säure zersetzt.

1 Gwthl. **Schwefelzinn** ($\overset{\prime\prime}{Sn}$) erfordert 30 Gwthl. **Bleioxyd** zur vollständigen Oxydation. Als nämlich 10 Gwthl. Schwefelzinn mit 300 Gwthl. Bleioxyd zusammengeschmolzen wurden, bildeten sich 60 Gwthl. metallisches Blei und eine glasige Schlacke. Wäre in letzterer das Zinn als Oxydul ($\dot{S}n$) enthalten gewesen, so müßte der Bleiregulus 57,3 Gwthl. gewogen haben; hätte sich dagegen das Zinn zu Zinnoxyd ($\ddot{S}n$) oxydirt, so würde das Gewicht desselben 68,6 Gwthl. gewesen seyn. Möglicherweise hat sich also auch hier, wie bei der Oxydation des metallischen Zinnes durch Bleioxyd, die intermediäre Oxydationsstufe, nämlich Zinnsesquioxydul ($\ddot{\overline{S}}n$) gebildet, in welchem Falle der Zinnregulus 62,9 Gwthl. hätte wiegen sollen.

1 Gwthl. **Schwefelzink** ($\overset{\prime}{Zn}$) wird durch Zusammenschmelzen mit 25 Gwthl. **Bleioxyd** zu Zinkoxyd und schweflichter Säure oxydirt.

Schwefelwismuth ($\overset{\prime}{Bi}$) kann, nach **Berthier's** Versuchen, durch **Bleioxyd** nur insoweit oxydirt werden, als sich aller Schwefel desselben

in schweflichte Säure umändert, während sich dagegen das Wismuth mit dem abgeschiedenen Blei legirt.

Einwirkung desselben auf Schwefelmetalle.

1 Gwthl. Schwefelblei ($\overset{\prime}{Pb}$) zersetzt sich durch Zusammenschmelzen mit 1,865 Gwthl. Bleioxyd auf die Weise, daß sich alles vorhandene Blei regulinisch ausscheidet und der Schwefel als schweflichte Säure verflüchtigt wird. Also durch Zusammenschmelzen von:

$\overset{\prime}{Pb}$ mit 2 $\dot{Pb}$

entsteht:

$\ddot{S}$ (verflüchtigt)

und 3 Pb (Regulus).

Ist Schwefelblei im Uebermaaß vorhanden, so schmilzt dasselbe mit dem metallisch ausgeschiedenen Blei zusammen.

1 Gwthl. Schwefelarsenik (Auripigment, $\overset{\prime\prime\prime}{As}$) wird durch 50 bis 60 Gwthl. Bleioxyd vollständig zu schweflichter und arsenichter Säure oxydirt, welche sich verflüchtigen und eine entsprechende Menge metallisches Blei nebst unzersetztem Bleioxyd zurücklassen.

Aehnlich wie sich das Bleioxyd zu den genannten Schwefelmetallen verhält, verhalten sich andere Oxyde zum Schwefelblei, und es kann hier im Allgemeinen ein ähnliches Gesetz ausgesprochen werden wie das, welches bei der Einwirkung geschmolzener Oxyde auf geschmolzene regulinische Metalle gilt.

3) Kohlensaures Bleioxyd.

Das kohlensaure Bleioxyd wirkt, da es noch vor dem Schmelzen seine Kohlensäure verliert, in ganz gleicher Weise auf Metalle und Schwefelmetalle wie das reine Bleioxyd.

4) Kieselsaures Bleioxyd.

Auch kieselsaures Bleioxyd übt eine ähnliche oxydirende Wirkung aus, allein es wird eine bedeutend größere Menge desselben als vom reinen Bleioxyd erfordert, und zugleich auch eine höhere Temperatur. Die hierbei entstehenden Schlacken sind Doppel-Silikate von Bleioxyd und dem Oxyde oder Oxydule des angewendeten Metalles.

5) Schwefelsaures Bleioxyd.

Schwefelsaures Bleioxyd ist ein noch kräftigeres Oxydationsmittel als reines Bleioxyd, indem auch die Schwefelsäure desselben, durch ihre Zersetzung in Sauerstoff und schweflichte Säure, zur Oxydation des regulinischen oder Schwefel-Metalles, mit welchem dieses Salz zusammengeschmolzen wird, beiträgt.

Wird schwefelsaures Bleioxyd in einem gewissen Verhältnisse mit Schwefelblei zusammengeschmolzen, so entsteht reines Blei und schweflichte Säure. Nämlich durch Zusammenschmelzen von:

$\dot{Pb}\dddot{S}$ mit $\dot{Pb}$

entsteht:

2 $\dddot{S}$ (verflüchtigt)

2 Pb (Regulus).

Wendet man einen Ueberschuß von schwefelsaurem Bleioxyd an, so oxydirt sich ein entsprechender Theil des Bleies, welches sich sonst regulinisch abgeschieden haben würde, zu Oxyd.

5) Schwefelsaures Eisenoxydul und schwefelsaures Kupferoxyd.

Schwefelsaures Eisenoxydul und schwefelsaures Kupferoxyd, besonders das letztere, üben beim Zusammenschmelzen mit Schwefelmetallen im Allgemeinen eine ähnliche oxydirende Wirkung aus wie das schwefelsaure Bleioxyd, doch fehlt es noch an Untersuchungen über das Nähere der hierbei stattfindenden Zersetzungen. Mitscherlich (in seinem Lehrbuche der Chemie, 1ste Auflage, Bd. 2, S. 280) führt folgende hierher gehörige Beispiele an. »Erhitzt man Schwefelsilber oder die Schwefelsalze desselben mit schwefelsaurem Kupferoxyd, so schmilzt das Gemenge nach der Rothglühhitze und zersetzt sich zugleich, indem schwefelsaures Silberoxyd und schweflichte Säure sich bilden. Auf dieselbe Weise verhält sich Schwefelkupfer zu schwefelsaurem Kupferoxyd, wobei, nach der Quantität des Schwefelkupfers und nach der Temperatur, Kupfer, Kupferoxydul, Kupferoxyd, basisch schwefelsaures Kupferoxyd u. s. w. gebildet werden können. Dieselbe Oxydation bewirkt das schwefelsaure Eisenoxydul; Antimon und Arsenik oxydiren sich gleichfalls auf Kosten der Schwefelsäure. Zieht man die silberhaltige geschmolzene Masse mit Wasser aus, so enthält die Auflösung schwefelsaures Silberoxyd, und ein Theil des Silbers bleibt metallisch zurück, unstreitig durch Kupferoxydul reducirt; denn Silber in Stücken schmilzt mit schwefelsaurem Kupferoxyd zusammen, indem schwefelsaures Silberoxyd gebildet wird.«

7) Salpeter.

Salpeter (salpetersaures Kali oder Natron) wird, wegen seiner Kostbarkeit, nur bei wenigen oxydirenden Schmelzungen angewendet. Da dieses Salz eins der kräftigsten Oxydationsmittel ist, so können vermittelst desselben chemischerseits fast alle oxydirenden Schmelzungen ausgeführt werden, bei denen der Metallurg, ökonomischer Rücksichten halber, andere Oxydationsmittel anzuwenden pflegt. Nur bei einem der größeren Schmelzprocesse wendet man Salpeter an, wiewohl man ihn in neuerer Zeit auch hier zu ersparen gesucht hat. Um nämlich aus dem Chromeisenstein, einer hauptsächlich aus Eisenoxydul und Chromoxyd ($\dot{Fe}\,\ddot{Chr}$) bestehenden Verbindung, chromsaures Kali zu erzeugen, wird dieses Erz in fein gepulvertem Zustande mit Salpeter geschmolzen, wobei, durch Zersetzung der Salpetersäure des Salpeters, chromsaures Kali und Eisenoxyd gebildet werden.

8) Sechstel-kieselsaures Eisenoxydul

Sechstel-kieselsaures Eisenoxydul ($\dot{F}e^{6}\ddot{S}i$) oder, wie es der Metallurg nennt, Eisenoxydul-Subsilikat*) ist ein Oxydationsmittel, von dessen oxydirender Wirkung bei einem der wichtigsten metallurgischen Processe Gebrauch gemacht wird. Die Theorie dieses Processes ist auf Folgendem begründet. Wird Eisen, welches durch Kohlenstoff, Silicium, Schwefel und andere leicht oxydirbare Stoffe verunreinigt ist, mit Sechstel-kieselsaurem Eisenoxydul zusammengeschmolzen, oder doch so stark erhitzt, daß das Eisen sich erweicht und das Silikat schmilzt, so wird die Hälfte des in letzterem vorhandenen Eisenoxyduls zu metallischem Eisen und Sauerstoff zerlegt, und dieser Sauerstoff oxydirt die leicht oxydirbaren Stoffe, mit denen das Eisen verunreinigt war. Aus der Kohle entsteht auf diese Weise Kohlenoxyd, aus dem Silicium Kieselsäure und aus dem Schwefel schweflichte Säure, während das Sechstel-Silikat zu einem Drittel-Silikate ($\dot{F}e^{3}\ddot{S}i$) umgewandelt wird.

Reducirende Schmelzung.

Bei der **reducirenden Schmelzung** bringt man durch Anwendung gewisser Reduktionsmittel eine reducirende Wirkung auf Metalloxyde oder gewisse sauerstoffhaltige Metallverbindungen hervor. Da fast jede Reduktion mit einer Oxydation und jede Oxydation mit einer Reduktion verbunden ist, so kann fast jede reducirende Schmelzung auch eine oxydirende genannt werden, und umgekehrt; so z. B. wird beim Zusammenschmelzen von Bleioxyd mit Antimon das erstere reducirt und das andere oxydirt. Man bezieht jedoch die Benennung des Schmelzens stets nur auf diejenigen Substanzen, deren chemische Veränderung der Zweck des Schmelzprocesses ist. Handelte es sich also z. B. darum, Schwefelkupfer durch Bleioxyd zu schweflichter Säure und Kupferoxydul zu oxydiren, so wäre dies ein oxydirendes Schmelzen, obgleich bei demselben zugleich auch Bleioxyd zu metallischem Blei reducirt wird. Unter verändertem Gesichtspunkte betrachtet, kann also ein großer Theil der vorgedachten oxydirenden Schmelzungen, wie z. B. alle diejenigen, bei denen Bleioxyd als Oxydationsmittel angewendet wird, auch zu den reducirenden Schmelzungen gerechnet werden.

Reduktionsmittel.

Die gewöhnlichsten Reduktionsmittel, deren sich der Metallurg bedient, sind **Kohle**, **Kohlenoxyd-**, **Kohlenwasserstoff-** und **Wasserstoffgas**, welche drei Gase durch die Verbrennung der bei den metallurgischen Processen angewendeten Brennmaterialien entwickelt werden.

1) Kohle.

Die **Kohle** besitzt die Eigenschaft, Metalloxyden und überhaupt sauerstoffhaltigen Metallverbindungen bei hinreichend hoher Temperatur den Sauerstoff zu entziehen und sich damit zu Kohlensäure zu verbinden. Die Art, auf welche diese Wirkung hervorgebracht wird, ist nicht bei allen

*) Hierüber später, wenn von der »Schlacke« die Rede ist, ein Näheres.

1) Kohle.

reducirenden Schmelzungen dieselbe, sondern es können hierbei hauptsächlich folgende zwei Fälle stattfinden: 1) der oxydirte Körper, welcher der reducirenden Schmelzung unterworfen werden soll, ist leicht schmelzbar, oder 2) derselbe ist bei einer Temperatur, wie sie aus gewissen Gründen bei dem betreffenden Processe nicht überschritten werden kann, oder darf, sehr schwer oder gar nicht schmelzbar. — Im ersten dieser Fälle wird die geschmolzene Masse des oxydirten Körpers mit der glühenden Kohle in unmittelbare und vielfache Berührung kommen, wie dies z. B. bei der Reduktion des Bleioxyds oder Wismuthoxyds durch Kohle der Fall ist. Im zweiten Falle dagegen kommen der oxydirte Körper und die Kohle, selbst wenn beide gepulvert und gut gemengt sind, nur in sehr unvollkommene Berührung mit einander, und es würde daher entweder gar keine oder doch nur eine theilweise Reduktion vor sich gehen, wenn nicht ein begünstigender Umstand hinzukäme. Der Sauerstoff derjenigen atmosphärischen Luft nämlich, welche alle Räume zwischen dem oxydirten Körper und der Kohle, und zugleich die Poren beider erfüllt, verbrennt mit der im Ueberschuß vorhandenen Kohle zu Kohlenoxydgas, welches mit dem oxydirten Körper in vielfache Berührung tritt und seine Reduktion dadurch herbeiführt, daß es sich mit einem Theile seines Sauerstoffs zu Kohlensäure verbindet. Zur Erzeugung der zur vollkommenen Desoxydation des oxydirten Körpers nothwendigen Menge Kohlenoxydgas ist das Hinzuströmen von neuer, unzersetzter atmosphärischer Luft durchaus nicht erforderlich, denn die auf gedachte Weise gebildete Kohlensäure wird, in Berührung mit der glühenden Kohle, wieder in Kohlenoxyd umgewandelt und dient solchergestalt zur Reduktion einer neuen Quantität des oxydirten Körpers, und so fort. Auf diese Weise wird es erklärlich, wie die Reduktion schwer schmelzbarer Metalloxyde in verschlossenen Gefäßen durch Kohle bewerkstelligt werden kann. Erst nachdem die Desoxydation vor sich gegangen ist, tritt die Schmelzung ein, nämlich die Schmelzung des reducirten Metalles, wenn, wie hier angenommen wird, dasselbe in der angewandten Temperatur schmelzbar ist. Eine Schmelzung dieser Art kann also eigentlich, streng genommen, nicht zu den reducirenden Schmelzungen gerechnet werden, da bei derselben die Reduktion der Schmelzung vorausgeht, und da erstere gewissermaßen durch einen reducirenden Röstproceß bewirkt wird. Auf diese Umstände pflegt man jedoch, weil sie allerdings nur von theoretischer Bedeutung sind, keine Rücksicht zu nehmen, und man begreift unter den reducirenden Schmelzprocessen auch alle diejenigen Schmelzungen, bei denen die chemischen Vorgänge von der zuletzt erwähnten Art sind, wie z. B. bei der Reduktion und Schmelzung des Eisenoxyd-Oxyduls, Zinnoxydes u. s. w. durch Kohle.

Enthält die Kohle, wie bei gewöhnlicher Holzkohle, Steinkohle u. s. w.

der Fall ist, zugleich auch noch **Wasserstoff** und **Kohlenwasserstoff** im gebundenen Zustande, so hat die bei der Glühhitze eintretende Entwickelung dieser Bestandtheile in Gasform eine noch kräftigere reducirende Wirkung zur Folge, indem dieselben, auf Kosten des der Reduktion unterworfenen Körpers, zu Wasser und Kohlensäure verbrennen.

2) Wasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Die verschiedenen Metalloxyde enthalten den Sauerstoff mit verschiedener Kraft gebunden und werden daher, wenn man sie einer reducirenden Schmelzung unterwirft, leichter oder schwerer in Metall umgewandelt. Genaue Bestimmungen über die hierbei erforderlichen Temperaturen fehlen bis jetzt, hauptsächlich wegen Mangels eines genauen Pyrometers, noch fast gänzlich. Nur soviel läßt sich etwa angeben, daß die Oxyde des Bleies, Wismuths, Antimons, Nickels, Kobalts und Kupfers bedeutend leichter reducirbar sind als die des Eisens, Mangans, Chroms, Zinnes und Zinkes. Bei den ersteren findet die Desoxydation schon bei einer mehr oder weniger starken Rothglühhitze statt, während sich die letzteren erst in der Weißglühhitze oder doch in einer derselben nahe liegenden Temperatur reduciren. Sobald die Reduktion allein durch Einwirkung der Kohle oder des Kohlenoxydgases erfolgt, wird ein etwas höherer Hitzgrad erfordert, als wenn zugleich Wasserstoff oder Kohlenwasserstoff hierbei wirksam sind. Die Oxyde der edlen Metalle und des Quecksilbers werden bekanntlich schon durch bloßes Erhitzen, ohne Anwendung eines Reduktionsmittels, reducirt.

Leicht und schwer reducirbare Metalloxyde.

Die **solvirende Schmelzung** hat, wie die Benennung dieses Processes andeutet, eine durch Schmelzung bewirkte Auflösung gewisser Stoffe in anderen Stoffen zum Zwecke. Als solvirende Körper spielen hierbei besonders **Oxyde, Kieselerde, einige Alkali- und Erden-Salze, gewisse kieselsaure Verbindungen (Schlacken), Metalle** und **Schwefelmetalle** mehr oder weniger wichtige Rollen.

Solvirende Schmelzung

Solvirungs-Mittel.

Was zuerst die **Oxyde** betrifft, so sind hierunter hauptsächlich die leichtflüssigen, wie Bleioxyd, Antimonoxyd und Wismuthoxyd, zu verstehen. Wenn solche Oxyde im geschmolzenen Zustande und bei hinreichend hoher Temperatur mit anderen, schwerschmelzbaren Oxyden in Berührung kommen, so vermögen sie von den letzteren größere oder geringere Quantitäten aufzulösen, wobei sich, in einigen Fällen wenigstens, chemische Verbindungen zwischen den elektropositiven und den elektronegativen Oxyden bilden. Auch einige Schwefelmetalle werden von Bleioxyd und Wismuthoxyd in unzersetztem Zustande aufgelöst, welche Verbindungen (eines Oxydes mit einem Schwefelmetalle) man **Oxysulfurete** nennt. Bei den metallurgischen Processen ist bis jetzt nur die solvirende Eigenschaft des Bleioxydes von Wichtigkeit, und auch dies hauptsächlich nur in einem Falle, nämlich bei der oxydirenden Schmelzung eines durch verschiedene Metalle verunreinig-

1) Oxyde.

1) Oxyde.

ten Gemisches von Blei und Silber, von welcher bereits (s. oxydirende Schmelzung) die Rede gewesen ist. Die solvirende Schmelzung bildet hier also nur einen untergeordneten Proceß. Dennoch ist es für den Metallurgen nicht unwichtig, die solvirende Wirkung des Bleioxydes auf andere Oxyde und einige Schwefelmetalle kennen zu lernen.

Im Allgemeinen kann angenommen werden, daß alle Oxyde, welche für sich leicht schmelzbar sind, sich auch mit Bleioxyd in allen Verhältnissen zusammenschmelzen lassen, daß aber schwerschmelzbare Oxyde mit einer gewissen größeren oder geringeren Menge Bleioxyd schwerschmelzbare Verbindungen geben. — Die folgenden specielleren Daten sind aus **Berthier's** Versuchen über diesen Gegenstand entnommen.

Wismuthoxyd und **Antimonoxyd** schmelzen mit **Bleioxyd** in allen Verhältnissen leicht zusammen.

Zinnsesquioxydul ($\ddot{S}n$)*) wird vom Bleioxyde nur bis zu einer gewissen Menge aufgelöst. Etwa 4 Gwthl. Bleioxyd solviren 1 Gwthl. Zinnsesquioxydul zu einer zähflüssigen Schlacke; 8 Gwthl. des ersteren und 1 Gwthl. des letzteren geben dagegen eine sehr leichtflüssige Verbindung.

1 Gwthl. **Zinkoxyd** löst sich in 7 Gwthl. **Bleioxyd** zu einer leichtschmelzbaren Schlacke auf. Das Verhältniß zwischen beiden Oxyden, in welchem dieselben eine in starker Rothglühhitze schwerschmelzbare oder unschmelzbare Verbindung geben, ist nicht ermittelt.

1 Gwthl. **Eisenoxyd** wird von 4 Gwthl. **Bleioxyd** zu einer zähflüssigen Masse solvirt.

2 Gwthl. **Kupferoxydul** geben mit 3 Gwthl. **Bleioxyd** eine sehr flüssige Verbindung, und es scheint, daß das Kupferoxydul in noch beträchtlicherer Menge in Bleioxyd auflöslich ist.

Was die Auflösbarkeit der **Schwefelmetalle** in **Bleioxyd** betrifft, so weiß man, durch **Berthier's** Versuche, soviel hierüber, daß die Schwefelverbindungen aller edlen Metalle und zugleich die des Kupfers sich nicht in geschmolzenem Bleioxyd lösen, da sie, wie bereits früher mitgetheilt wurde (s. oxydirende Schmelzung), vollständig durch dasselbe zersetzt werden. Von allen übrigen Schwefelmetallen, welche bei den metallurgischen Processen in Betracht kommen, sind dagegen größere oder geringere Mengen in demselben auflösbar. **Schwefelantimon** ($\overset{'''}{S}b$) scheint sich vorzugsweise leicht und in großer Menge unzersetzt in Bleioxyd aufzulösen.

---

*) S. die Einwirkung von Bleioxyd auf Zinn und Schwefelzinn unter: **oxydirende Schmelzung**.

2) Kieselerde.

Kieselerde für sich wird nur sehr selten als solvirendes Mittel bei den metallurgischen Processen angewendet; in den meisten Fällen sind schon kieselsaure Verbindungen vorhanden, mit denen die (als Quarz) zugesetzte Kieselerde zusammenschmilzt. Sie wirkt also dann nicht mehr als reine Kieselerde, sondern als Silikat, welche Wirkung später, wenn von den kieselsauren Verbindungen als Solvirungs-Mitteln die Rede ist, näher betrachtet werden soll. Inzwischen ist es nicht ohne Interesse für den Metallurgen, etwas Näheres auch über die solvirende Wirkung zu wissen, welche die reine Kieselerde besonders auf Erden und Metalloxyde ausübt.

Erden, wie Baryt-, Strontian-, Kalk-, Talk- und Thonerde, geben mit Kieselerde, sobald nur eine dieser Basen vorhanden ist, nach Berthier, theils schwerschmelzbare, theils in der stärksten Ofenhitze unschmelzbare Verbindungen. Es ist dies besonders von zwei Umständen abhängig: 1) Von der Stärke der Basen. Baryterde, die stärkste derselben, giebt die am wenigsten schwerschmelzbaren, und Thonerde, die schwächste derselben, unschmelzbare Silikate. 2) Von dem Gewichtsverhältniß zwischen Kieselerde und der betreffenden Base. Die schmelzbaren Baryt-Silikate enthalten 30 bis 70 Procent Kieselerde; enthalten sie weniger als 30 oder mehr als 70, so sind sie unschmelzbar. Die Strontianerde-Silikate sind viel schwerer schmelzbar als die eben genannten. 55 Gwthl. Kieselerde und 45 Gwthl. Strontianerde schmelzen zu einem weißen undurchsichtigen Email zusammen. Bei den schmelzbaren Kalk-Silikaten sind die Grenzen des Kalkgehaltes etwa zwischen 25 und 47 Procent Kalk. Talk-Silikate und Thonerde-Silikate, besonders die letzteren, sind unschmelzbar und kommen bei starker Weißglühhitze höchstens in einen Zustand der Erweichung.

Die Metalloxyde verhalten sich zur Kieselerde ähnlich wie die Erden, indem diejenigen Oxyd-Silikate am leichtesten schmelzbar sind, welche die stärksten Basen enthalten, wobei es außerdem auch hier auf das Gewichtsverhältniß der Kieselerde zu den Oxyden ankommt. So z. B. sind Eisenoxydul-Silikate mit 42 bis 82 Procent Eisenoxydul, besonders von dem mittleren dieser Gehalte, leicht schmelzbar, während dagegen Eisenoxyd-Silikate unschmelzbar sind, und Eisenoxydoxydul-Silikate hinsichtlich ihrer Schmelzbarkeit etwa in der Mitte zwischen beiden vorgenannten stehen. Kupferoxydul-Silikate sind nur schmelzbar, wenn sie etwa 30 Gwthl. Kieselerde und 70 Gwthl. Kupferoxydul enthalten. Kupferoxyd-Silikate sind wahrscheinlich unschmelzbar; sie können aber, wegen der leichten Reducirbarkeit des Kupferoxyds zu Oxydul, schwierig gebildet werden. Zinkoxyd-Silikate können nicht geschmolzen werden, Zinnoxyd-Silikate,

7) Kieselerde.

nach Winkler und Kersten, ebenfalls nicht. Bleioxyd-Silikate, mit einem Gehalte von etwa 54 bis 88 Proc. Bleioxyd schmelzen mehr oder weniger leicht, Wismuthoxyd-Silikate noch leichter. Antimonoxyd-Silikate sind schwerer schmelzbar.

8) Einige Alkali- und Erdensalze.

Einige Alkali- und Erdensalze, besonders kohlensaures Kali und kohlensaures Natron, borsaures Natron und Fluorcalcium, üben folgende solvirende Wirkungen beim Zusammenschmelzen mit Erden und Metalloxyden aus.

Kohlensaures Kali oder Natron löst Erden, wie Kalk-, Talk- und Thonerde selbst bei sehr hoher Temperatur nicht auf. Die mehrsten Metalloxyde werden, nach Berthier, von den kohlensauren Alkalien theilweise aufgelöst, indem sie in der Rothgluth einen Theil der Kohlensäure der letzteren austreiben. Bei einem gewissen Ueberschuß an kohlensaurem Alkali sind diese Verbindungen leichtflüssig. 1 Gwthl. Eisenoxydul wird von 6 Gwthl. kohlensaurem Kali zu einer nach dem Erkalten graugrünen, sehr krystallinischen Masse aufgelöst. Kohlensaures Eisenoxydul schmilzt noch leichter mit kohlensaurem Alkali zusammen; Eisenoxyd dagegen scheint darin unlöslich zu seyn. 1 Gwthl. Zinnoxyd kommt mit 5 Gwthl. kohlensaurem Kali in vollständigen Fluß. Die Manganoxyde werden etwa von einer dreifachen Gewichtsmenge kohlensauren Kalis gelöst. Zinkoxyd ist nur schwierig löslich in kohlensauren Alkalien; 1 Gwthl. desselben giebt mit 5 Gwthl. der letzteren eine zähflüssige Masse. Kupferoxydul und Kupferoxyd schmelzen mit der dreifachen Gewichtsmenge kohlensauren Kalis leicht zusammen. Bleioxyd giebt in allen Verhältnissen leichtflüssige Verbindungen mit den kohlensauren Alkalien; Wismuthoxyd wahrscheinlich ebenfalls.

Borsaures Natron (Borax) ist, im geschmolzenen, wasserfreien Zustande, ein sehr wirksames Auflösungsmittel, das aber wegen seiner Kostbarkeit nur sehr selten bei metallurgischen Processen angewendet zu werden pflegt. Baryt-, Kalk-, Talk- und Thonerde schmelzen, nach Berthier, in beträchtlicher Menge mit Borax zu mehr oder weniger leichtflüssigen Gläsern zusammen. 1 Gwthl. Borax vermag 2 bis 3 Gwthl. dieser Erden vollkommen zu verglasen. Auch Kieselerde und feuerfeste Thonarten (kieselsaure Thonerde) schmelzen bei hoher Temperatur etwa in diesem Verhältnisse mit Borax zusammen. Alle Oxyde der unedlen Metalle werden von demselben in größerer oder geringerer Menge aufgelöst. 1 Gwthl. Eisenoxyd oder Eisenoxyd-oxydul giebt mit einer gleichen Menge Borax eine dichte krystallinische Masse. Manganoxydul wird in sehr beträchtlicher Menge von Borax aufgelöst. Bleioxyd und Borax schmelzen in allen Verhältnissen zusammen.

Fluorcalcium (Flußspath) ist wichtig wegen seiner Eigenschaft, eine

gewisse Menge (etwa $^1/_2$) Kieselerde bei höherer Temperatur auflösen zu können, ohne geneigt zu seyn, Verbindungen mit Metalloxyden einzugehen. Der Flußspath eignet sich daher sehr als Zuschlag bei der Schmelzung von Erzen, die wegen ihres Kieselerdegehaltes strengflüssig sind. Bei dem Zusammenschmelzen von 100 Gwthl. Quarz und 30 Gwthl. Flußspath erhielt Berthier 114 Gwthl. einer dichten krystallinischen Masse, welche, da sich 16 Gwthl. Fluorkieselgas verflüchtigt hatten, der Rechnung nach aus 76 Gwthl. Fluorcalcium, 17,4 Gwthl. Kalkerde und 20,6 Gwthl. Kieselerde bestehen mußte. 100 Gwthl. Quarz und 47 Gwthl. Flußspath schmelzen zu einer Masse zusammen, welche dichtem Quarze gleicht. Ferner besitzt der Flußspath die Eigenschaft, schwefelsaure Salze, auch für sich unschmelzbare oder doch schwer schmelzbare, wie schwefelsaure Baryterde, Gyps u. s. w. in beträchtlicher Menge aufzulösen. 1 Gwthl. Flußspath giebt, nach Berthier, mit etwa 4 Gwthl. wasserfreiem Gyps, $1^1/_2$ Gwthl. schwefelsaurem Baryt oder 10 bis 15 Gwthl. schwefelsaurem Blei ziemlich leichtflüssige Gläser.

3) Einige Metall- und Erdensalze.

Die geschmolzenen kieselsauren Verbindungen der Erden und Alkalien haben die Eigenschaft, die Oxyde der unedlen Metalle in beträchtlicher Menge aufzulösen und damit nach dem Erkalten verschiedenartig gefärbte, theils glas-, theils porcellanartige Massen zu bilden. Diese durch Schmelzung hervorgebrachten Silikate sind es vorzugsweise, welche der Metallurg Schlacken nennt, obgleich unter dieser Benennung zuweilen auch eine zusammengeschmolzene Masse von Metalloxyden oder von Oxyden und Schwefelmetallen verstanden wird. Bei einigen Schmelzungen machen die den Erzen beigemengten Gesteinsarten das einzige Material zur Schlackenbildung aus, bei anderen aber werden gewisse Stoffe, sogenannte Zuschläge, wie Kieselerde, Kalk, Flußspath u. s. w. den Erzen beigemengt (zugeschlagen), um das schlackengebende Material zu vermehren oder seine Eigenschaften zweckmäßig zu verändern. Eine solche Veränderung ist nothwendig, wenn die durch Zusammenschmelzen jener Gesteinsarten gebildete Schlacke entweder zu viel oder zu wenig Kieselerde enthält. Im ersteren Falle übt sie eine zu große, im letzteren eine zu geringe solvirende Wirkung auf die aufzulösenden (zu verschlackenden) Oxyde aus. Es ist daher für den Metallurgen von Wichtigkeit, die Zusammensetzung einer betreffenden Schlacke wenigstens in Bezug auf ihren relativen Gehalt an Kieselerde annähernd zu kennen, um danach nöthigenfalls sowohl in der Qualität als Quantität der Zuschläge zweckmäßige Veränderungen vornehmen zu können.

4) Gewisse kieselsaure Verbindungen.

Schlacke.

In Bezug auf ihren relativen Gehalt an Kieselerde theilt man die Schlacken in Sub-, Singulo-, Bi- und Trisilikate. Subsilikate sind solche, in denen sich der Sauerstoff der Basen zu dem der Kieselerde wie

Eintheilung der Schlacken.

Eintheilung der Schlacken.

2 : 1 verhält; bei den Singulosilikaten ist dies Verhältniß wie 1 : 1, bei den Bisilikaten wie 1 : 2 und bei den Trisilikaten wie 1 : 3. Da die Sättigungs-Capacität der Kieselerde = $^1/_3$ ist, so sind die letzteren also, nach der Nomenklatur des Chemikers, neutrale Verbindungen, die Bisilikate Zweidrittel-, die Singulosilikate Drittel- und die Subsilikate Sechstel-Silikate. Natürlicherweise ist es nur selten der Fall, daß die Zusammensetzung einer Schlacke genau einem dieser Verhältnisse entspricht, und es kann in vielen Fällen nur von Annäherung an ein solches Verhältniß die Rede seyn. Jedoch ist es nicht zu läugnen, daß die geschmolzenen Silikate eine gewisse Neigung haben, sich in der Weise mit Basen zu sättigen, daß Verbindungen in einer der oben gedachten Proportionen entstehen. Hierzu ist aber bei den meisten Schmelzungen Gelegenheit vorhanden; einestheils sättigt sich die Schlacke durch die in dem geschmolzenen Materiale enthaltenen und der Reduktion widerstehenden Oxyde, anderentheils durch die Asche des Brennmaterials, durch theilweise Auflösung der Masse, aus welcher die Wände des Schmelzgefäßes bestehen u. s. w.

Eine große Anzahl von Analysen verschiedenartiger Schlacken hat die Ansicht von den (wenigstens annähernd) festen Proportionen in der Zusammensetzung der Schlacken begründet. Mitscherlich war der erste, welcher dergleichen Untersuchungen unternahm und die Aufmerksamkeit der Metallurgen auf diesen interessanten Gegenstand hinleitete. Seinen Untersuchungen folgten bald die von Bredberg, Berthier, Guenyveau, Sefström, Starbeck, Olsen, Johnsen, Winkler und Anderen. Als Beispiele von der Zusammensetzung der Schlacken mögen die folgenden analytischen Resultate dienen, welche aus Winkler's »Erfahrungssätze über die Bildung der Schlacken« entnommen sind.

Zusammensetzung einiger Schlacken.

1) Hohofenschlacke von Creusot in Frankreich.

(Guenyveau.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	39,5	19,868	
Kalkerde	35,6	10,000	= 19,327
Thonerde	18,0	8,407	
Eisenoxyd	3,0	0,920	
Manganoxydul	Spur		
	96,1		

Diese Schlacke ist also ein Singulosilikat. Ihre Zusammensetzung kann annähernd durch die Formel:

$$\left.\begin{matrix}\dddot{Al}\\ \dddot{Fe}\end{matrix}\right\}\dddot{Si} + \dot{Ca}^3\,\dddot{Si}$$

ausgedrückt werden.

Zusammensetzung einiger Schlacken.

2) Hohofenschlacke von ebendaher.

(Guenyveau.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	49,6	25,000	
Kalkerde	30,0	8,427 × 2 =	16,854
Thonerde	15,0	7,006 × 1 =	7,006
Eisenoxyd	3,0	0,920 × 1 =	0,920
	97,6		24,780

Diese Zusammensetzung wird repräsentirt durch:

$$\left.\begin{matrix}\dddot{Al} \\ \dddot{Fe}\end{matrix}\right\} \dddot{Si} + \dot{Ca}^3 \dddot{Si}^2$$

und die Schlacke besteht hiernach aus einem Singulosilikate von Thonerde und Eisenoxyd und aus einem Bisilikate von Kalkerde.

3) Hohofenschlacke von Gesberg in Schweden.

(Hugren.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	58,600	29,476	
Thonerde	6,624	3,094 × 1 =	3,094
Eisenoxydul	1,675	0,381 × 2 =	0,762
Manganoxydul	2,806	0,616 × 2 =	1,232
Talkerde	10,466	4,051 × 2 =	8,102
Kalkerde	19,348	5,437 × 3 =	16,311
	99,519		29,501

In dieser Schlacke stehen die verschiedenen Silikate in keinen einfachen Verhältnissen zu einander. Dieselbe ist als ein Gemenge von Thonerde-Singulosilikat, Talkerde- (nebst Eisen- und Manganoxydul-) Bisilikat und Kalkerde-Trisilikat zu betrachten. Die Formel:

$$\left.\begin{matrix}\dot{Mg}^3 \\ \dot{Fe}^3 \\ \dot{Mn}^3\end{matrix}\right\} \dddot{Si}^2 + 3\ \dot{Ca}\ \dddot{Si}$$

repräsentirt annähernd das Verhältniß des Talk-Bisilikates zum Kalk-Trisilikate.

4) Hohofenschlacke von ebendaher.

(Sjögreen.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	61,06	30,710	
Thonerde	5,38	2,513 × 1 =	2,513
Eisenoxydul	3,29	0,749 × 2 =	1,498
Manganoxydul	2,63	0,577 × 3 =	1,731
Talkerde	7,12	2,756 × 3 =	8,268
Kalkerde	19,81	5,565 × 3 =	16,695
	99,29		30,705

Zusammensetzung einiger Schlacken.

Auch diese Schlacke kann, wie die vorige, als ein Gemenge von Singulo-, Bi- und Trisilikaten betrachtet werden.

5) Kupferschlacke von Röraas in Norwegen.

(Johnsen.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	31,44	15,81	
Thonerde	7,86	3,28	17,58
Eisenoxydul	55,21	12,58	
Talkerde	4,46	1,72	
	98,97		

welche Zusammensetzung näherungsweise einem Singulosilikate entspricht.

6) Kupferschlacke von Nåfvequare in Schweden.

(Bredberg.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	56,51	28,42	
Thonerde	9,42	4,40	$\times 2 = 27,84$
Eisenoxydul	6,21	1,41	
Kalkerde	20,05	5,63	
Talkerde	6,40	2,48	
	98,59		

Diese Kupferschlacke ist also ein Bisilikat. Eine andere Schlacke dieser Art, von Garpenberg in Schweden, gab, nach Bredbergs Untersuchung, ein ähnliches Resultat.

7) Freiberger Rohschlacke.

(Winkler.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	51,362	25,834	
Thonerde	4,795	2,239	$\times 2 = 25,903$
Eisenoxydul	34,094	7,762	
Talkerde und etwas Manganoxydul	7,630	2,953	
	97,881		

8) Bleischlacke von Sala in Schweden.

(Bredberg.)

		Sauerstoff:	
Kieselerde	39,39	19,81	
Thonerde	6,23	2,91	19,21
Eisenoxydul	17,18	3,91	
Kalkerde	17,77	4,99	
Talkerde	19,13	7,40	
	99,70		

Die Freiberger Rohschlacke ist hiernach ein Bisilikat und die Bleischlacke von Sala ein Singulosilikat.

Zusammensetzung einiger Schlacken.

Besonders ist es das bei der oxydirenden Röstung von Erzen und gewissen metallurgischen Produkten gebildete Eisenoxydul und Eisenoxyd, dessen Trennung von anderen, mit demselben gemengten Metalloxyden man durch die solvirende Wirkung der Schlacke bewerkstelligt. Unterwirft man z. B. ein aus Eisenoxyd, Kupferoxydul und einer Singulo- oder Bisilikat-Schlacke bestehendes Gemenge einer reducirenden Schmelzung, so wird, bei zweckmäßiger Leitung des Processes, der Erfolg etwa folgender seyn. Das Eisenoxyd wird zu Oxydul reducirt und als solches von der Schlacke aufgelöst werden, die dadurch einem Sub- oder Singulosilikate mehr oder weniger nahe gebracht werden wird, und unter dieser Schlacke wird sich das durch Reduktion des Kupferoxyduls gebildete metallische Kupfer ansammeln. Aehnlich wie das Eisenoxyd würde sich in einem solchen Falle auch Manganoxyd, Kobaltoxyd und überhaupt jedes schwer reducirbare Metalloxyd, ähnlich dem Kupferoxydul aber jedes leicht reducirbare Metalloxyd verhalten. Allgemein läßt sich dies so ausdrücken: **Wird ein aus schwer reducirbaren und leicht reducirbaren Oxyden, so wie aus einer hinreichend aciden (kieselerdehaltigen) Schlacke bestehendes Gemenge einer reducirenden Schmelzung unterworfen, so werden die Oxyde der erstgenannten Art von der Schlacke solvirt (verschlackt) und die der letzten Art zu Metall reducirt.** Hierbei wird allerdings vorausgesetzt: 1) daß die Schlacke in der erforderlichen Quantität vorhanden ist, und 2) daß der Schmelzpunkt derselben zwischen den Reduktionspunkten der betreffenden leicht reducirbaren und schwer reducirbaren Oxyde liegt. In Bezug auf die erste Voraussetzung würde hauptsächlich dann ein weniger vollkommenes Resultat erreicht werden, wenn es an Schlacke mangelte, wodurch nicht alles Eisenoxydul verschlackt, sondern ein Theil desselben zu Metall reducirt werden würde. Hinsichtlich der zweiten Voraussetzung wird der Ausfall der Schmelzung unvollkommen seyn, sowohl wenn die Schlacke früher schmilzt als sich das Kupfer metallisch ausgeschieden hat, als auch wenn die Schmelzung derselben erst eintritt, nachdem sich bereits schon eine größere oder geringere Menge des Eisenoxyduls zu metallischem Eisen reducirt hat. Im ersten Falle wird Kupferoxydul verschlackt werden und im zweiten wird sich nebst dem metallischen Kupfer auch Eisen abscheiden.

Solvirende Wirkung der Schlacke.

Außer durch das auf ihrer Acidität (ihrem Kieselerdegehalte) beruhende Auflösungsvermögen, spielen die Schlacken bei vielen metallurgischen Processen noch auf andere Weise eine wichtige Rolle. Zwar kommt es im gegenwärtigen Abschnitte, wo von der solvirenden Schmelzung die Rede

Andere Wirkung der Schlacken.

Andere Wirkungen der Schlacken.

ist, eigentlich nur darauf an, die auflösende Wirkung der Schlacken näher zu beleuchten, allein es erscheint zweckmäßig hieran zugleich dasjenige zu knüpfen, was sich von den übrigen Nutzleistungen derselben sagen läßt. Diese bestehen hauptsächlich darin, daß die geschmolzene Schlacke ein bequemes Medium abgiebt, in welchem die zerstreuten Partikel der geschmolzenen Metalle und Schwefelmetalle, deren Behandlung den Zweck des Schmelzprocesses ausmacht, zu einer einzigen Masse zusammenfließen können, welche von der Schlackendecke gegen die oxydirende Einwirkung der Luft geschützt wird. Zur Erreichung dieses wesentlichen Nutzens ist es erforderlich, daß die Schlacke sowohl in der hinreichenden Quantität vorhanden ist, als auch einen gewissen Grad von Leichtschmelzbarkeit besitzt. Hinsichtlich der Erfüllung der ersten dieser Anforderungen lassen sich keine allgemein giltigen Regeln aufstellen, sondern der Metallurg ist bei den verschiedenen Schmelzprocessen auf specielle praktische Erfahrungen und auf sein eigenes Gutdünken angewiesen. Auch in Bezug auf die Leichtschmelzbarkeit läßt sich im Allgemeinen nur so viel behaupten, daß die Schlacken stets leichtschmelzbarer oder doch wenigstens nicht schwerschmelzbarer als das in Behandlung stehende Schmelzgut seyn müssen; im Uebrigen aber können die sich bei verschiedenen Schmelz-Processen bildenden Schlacken einen sehr verschiedenen Grad der Schmelzbarkeit besitzen, was sich ganz nach dem Hitzgrade richtet, welcher bei den betreffenden Processen erfordert wird. Ist dieser Hitzgrad, wenigstens annäherungsweise, ermittelt, dann kann es in manchen Fällen von Interesse seyn, den Schmelzpunkt einer Schlacke, welche man anzuwenden gedenkt und deren Zusammensetzung bekannt ist, angeben zu können. Da kleine Verschiedenheiten in der Zusammensetzung keine bedeutenden Veränderungen in dem Schmelzpunkte der Schlacke zur Folge haben, so wird man sich, wenn die Schmelzpunkte einer Reihe von Schlacken durch genaue Versuche ermittelt sind, hierbei durch Interpolation helfen können.

Schmelzbarkeit der Schlacken.

Wegen der noch immer nicht gelösten Aufgabe, ein genaues und leicht anwendbares Pyrometer zu construiren, sind die Angaben, welche man bis jetzt über die Schmelzpunkte von Schlacken besitzt, mehr oder weniger unzuverlässig. Die meisten dieser Angaben können nur dazu dienen, über die relative Schmelzbarkeit gewisser Silikate einen Ueberblick zu gewähren, nicht aber um daraus die in Thermometergraden ausgedrückten Schmelzpunkte zu entnehmen. Versuche, welche zu solchen Resultaten führten, sind bereits von Lavoisier, Klaproth, Kirwan, Bergmann, Lampadius, Saussure u. A., in neuerer Zeit besonders von Berthier, Karsten, Mitscherlich, v. Kobell, Winkler, so wie von den schwedischen Metallurgen Bredberg, Sefström, Tam, Ekenstam u. A. angestellt worden. Plattner dagegen hat es versucht, die Schmelzpunkte

mehrerer Silikate und Schlacken nach Thermometergraden zu bestimmen. Er verfuhr dabei auf die Weise, daß er die Schmelzbarkeit dieser Körper mit der von verschiedenen Metall-Legirungen (wozu besonders Silber, Gold, Platin und Blei angewendet wurden) verglich, deren Schmelzpunkte er durch eine auf gewisse Fundamental-Experimente gestützte Rechnung ausfindig gemacht hatte. Folgendes ist eine Zusammenstellung der wichtigsten hierhergehörigen Resultate, welche Plattner bei seinen zahlreichen Versuchen erhielt.

Schmelzpunkte einiger Silikate und Schlacken.

In der nachstehenden Tabelle geben die unter der Rubrik »Bildungspunkt« angeführten Zahlen diejenigen Temperaturen in Graden Celsius an, bei welchen die chemische Vereinigung der innig gemengten Bestandtheile der Silikate vor sich ging, d. h. bei welchen sich dieselben zu einer mehr oder weniger homogenen Masse geschmolzen oder doch stark gesintert zeigten. In der zweiten Rubrik dagegen findet man die Schmelzpunkte der auf solche Weise vorbereiteten Gemenge, also der schon gebildeten Schlacken, angeführt. Es ist nämlich einleuchtend, daß eine schon gebildete Schlacke stets einen anderen, und zwar im Allgemeinen einen niedrigeren Schmelzpunkt haben muß, als ein aus ihren Bestandtheilen zusammengesetztes Gemenge. Bei einem großen Theil der Silikate konnten die wahren Schmelzpunkte nicht mit Genauigkeit ermittelt werden, weil diese Verbindungen nur unmittelbar vor dem Sauerstoffgas-Gebläse auf Kohle zur vollkommenen Schmelzung gebracht werden konnten.

	Benennung und Bestandtheile der gewählten Silikate.	Bildungspunkt in °C.	Schmelzpunkt in °C.
	I. Einfache Erd-Silikate.		
	1) Baryt-Silikate *).		
BS^2	29,1 Kieselerde 70,9 Baryterde	2200°	—
BS^3	37,6 Kieselerde 62,4 Baryterde	2100°	—
	2) Kalk-Silikate.		
CS^2	52,0 Kieselerde 48,0 Kalkerde	2150°	—
CS^3	61,8 Kieselerde 38,2 Kalkerde	2100°	—

*) Die Exponenten in den chemischen Formeln BS^2, BS^3 u. s. w. zeigen an, wie vielmal die Sauerstoffmenge der Kieselerde in den betreffenden Verbindungen größer ist als die der Basen. BS^2 ist also ein Baryt-Bisilikat, BS^3 ein Baryt-Trisilikat u. s. w.

Schmelzpunkte einiger Silikate und Schlacken.

Benennung und Bestandtheile der gewählten Silikate.		Bildungspunkt in ° C.	Schmelzpunkt in ° C.
3) Talk-Silikate.			
MS^2	59,8 Kieselerde . . . . 40,2 Talkerde	2250°	—
MS^3	69,0 Kieselerde . . . . 31,0 Talkerde	2200°	—
4) Thonerde-Silikate.			
AS^2	64,3 Kieselerde . . . . 35,7 Thonerde	2400°	—
AS^3	73,0 Kieselerde . . . . 27,0 Thonerde	2400°	—
II. Doppelte Erd-Silikate.			
1) Baryt- und Kalk-Silikate.			
$BS^2 + 11CS^2$	48,6 Kieselerde . . . . 10,0 Barylerde . . . . 41,4 Kalkerde	2100°	—
$BS^2 + 5CS^2$	45,0 Kieselerde . . . . 20,0 Barylerde . . . . 35,0 Kalkerde	2100°	—
2) Baryt- und Thonerde-Silikat.			
$BS^2 + 6AS^2$	54,0 Kieselerde . . . . 20,0 Barylerde . . . . 26,0 Thonerde	2050°	—
3) Kalk- und Talk-Silikat.			
$CS^2 + MS^2$	55,5 Kieselerde . . . . 25,8 Kalkerde . . . . 18,7 Talkerde	2000°	—
4) Kalk- und Thonerde-Silikate.			
$CS + AS$	40,5 Kieselerde . . . . 37,2 Kalkerde . . . . 22,3 Thonerde	1918°	—
$CS^2 + AS^2$	57,5 Kieselerde . . . . 26,5 Kalkerde . . . . 16,0 Thonerde	1950°	—
5) Eisenoxydul-Silikate.			
FS	30,5 Kieselerde . . . . 69,5 Eisenoxydul	1789°	—
FS^2	47,0 Kieselerde . . . . 53,0 Eisenoxydul	1832°	—
Frischschlacke (etwa F^2S), krystallinisch, von eisenschwarzer Farbe und schwachem Metallglanze . .		—	1431°

Schmelzpunkte einiger Silikate und Schlacken.

Benennung und Bestandtheile der gewählten Silikate.	Bildungspunkt in °C.	Schmelzpunkt in °C.
III. Zusammengesetzte Verbindungen von Erd- und Metalloxyd-Silikaten.		
1) Eisenhohofenschlacken.		
Nr. 1. 50,0 Kieselerde, 17,0 Thonerde, 3,0 Eisenoxydul, 30,0 Kalkerde	1876°	1431°
Nr. 2. 58,0 Kieselerde, 6,0 Thonerde, 2,0 Eisenoxydul, 2,0 Manganoxydul, 10,0 Talkerde, 22,0 Kalkerde	1876°	1445°
Eisenhohofenschlacke vom Eisenhüttenwerke Kallich in Böhmen, von eisenvitriolgrüner Farbe und glasigem Bruche (bei einem Rohgange des Ofens erhalten)	—	1388°
2) Freiberger Rohschlacke.		
Nr. 1. 48,0 Kieselerde, 9,0 Thonerde, 37,0 Eisenoxydul, 4,5 Kalkerde, 1,5 Talkerde	1690°	1331°
Bei einem zweiten Versuche *)	1675°	1331°
Nr. 2. 50,0 Kieselerde, 6,0 Thonerde, 38,0 Eisenoxydul, 3,0 Kalkerde, 1,5 Talkerde, 1,5 Baryterde	1730°	1360°
Bei einem zweiten Versuche	1717°	1360°
3) Freiberger Bleischlacke		
36,5 Kieselerde, 40,5 Eisenoxydul, 8,5 Thonerde, 4,0 Kalkerde, 3,0 Talkerde, 7,5 Bleioxyd	1460°	1317°

*) Der erste Versuch wurde in einem eisernen, der zweite in einem Thontiegel angestellt. Dasselbe geschah bei den folgenden Schlacken.

Schmelzpunkte einiger Silikate und Schlacken.

Benennung und Bestandtheile der gewählten Silikate.	Bildungspunkt in °C.	Schmelzpunkt in °C.
Bei einem zweiten Versuche	1445°	1317°
4) Freiberger Schwarzkupferschlacke.		
32,7 Kieselerde . . . . 60,3 Eisenoxydul . . . . 7,0 Thonerde	1546°	1345°
Bei einem zweiten Versuche	1460°	1331°

Da die Bildungs- und Schmelzpunkte aller dieser Silikate durch Vergleichung der Schmelzbarkeit der letzteren mit der von Legirungen gefunden wurden, welche Platin, Gold, Silber und Blei enthielten, so ist es von Wichtigkeit zu wissen, bei welcher Temperatur nach Plattner's Annahme die Schmelzpunkte dieser Metalle zu setzen sind. Die Schmelzpunkte des Goldes und Silbers nahm Plattner an, wie sie von Daniell bestimmt wurden; nämlich den des Goldes zu 1102° C. und den des Silbers zu 1023° C. Der Schmelzpunkt des Bleies wurde, nach Kupffer's Bestimmung, auf 334° C. gesetzt. Den Schmelzpunkt des Platins endlich bestimmte Plattner durch zwei Versuche, das eine Mal zu 2539° C. und das andere Mal zu 2529° C., im Mittel also zu 2534° C.*).

Erstarrungsart der Schlacken.

Ein wesentlicher Unterschied zeigt sich bei den verschiedenen Schlacken in der Art, auf welche dieselben aus dem geschmolzenen in den starren Zustand übergehen. Während dieser Uebergang bei einigen plötzlich eintritt, geschieht derselbe bei anderen, indem sie verschiedene Zustände der Zähflüssigkeit durchlaufen, mehr oder weniger allmälig. Schlacken, bei denen das erstere stattfindet, pflegt der Metallurg frisch, und solche, bei denen sich die Erstarrung nach und nach einstellt, saiger zu nennen. Die frischen Schlacken enthalten stets eine geringere relative Menge von Kieselerde als die saigeren; gewöhnlich sind sie Singulo- oder Subsilikate, während die anderen Bi- oder Trisilikate sind. Erstere zeigen sich bei hinreichend hoher Temperatur in höherem oder geringerem Grade dünnflüssig, letztere dagegen zähflüssig. Durch diese verschiedenartige Beschaffenheit der Schlacken in ihrem geschmolzenen Zustande und bei der darauf folgenden Erstarrung vermag der geübte Metallurg oft schon durch das Auge die Acidität der Schlacken und daraus ihre zweckmäßige oder unzweckmäßige Composition zu beurtheilen. Bei solchen Schmelzungen, bei denen Schlacke und das geschmol-

*) Der Schmelzpunkt des Kupfers ist nach Plattner's Bestimmung = 1173° C., also etwas höher als der des Goldes, was offenbar richtiger ist als denselben, nach Daniell's Versuchen, niedriger (1091° C.) zu setzen.

jene Metall oder Schwefelmetall zusammen aus dem Ofen fließen und außerhalb desselben erkalten, bewirkt die plötzliche Erstarrung der frischen Schlacke nicht selten, daß Metalltheile mechanisch in dieselbe eingeschlossen werden.

Erstarrungsart der Schlacken.

Unter den **Metallen** ist es besonders das **Blei**, dessen man sich als Auflösungsmittel bei gewissen solvirenden Schmelzungen bedient. Das Blei hat die Eigenschaft, wenn es in geschmolzenem Zustande und in der erforderlichen Menge mit geschmolzenen silber- oder goldhaltigen Schwefelmetallen, besonders mit silber- oder goldhaltigem Schwefeleisen oder Schwefelkupfer, in hinreichend innige Berührung gebracht wird, die genannten edlen Metalle in sich aufzunehmen. Diese Wirkung beruht darauf, daß Schwefelgold und Schwefelsilber bei höherer Temperatur durch Blei in der Weise zerlegt werden, daß sich Schwefelblei und metallisches Gold und Silber bilden, während Schwefeleisen und Schwefelkupfer unter solchen Umständen so gut wie keiner Zerlegung unterworfen sind. Als Produkt der Schmelzung erhält man also ein gold- oder silberhaltiges Blei, mit einer geringen Einmengung von Schwefelblei, und einen entgoldeten oder entsilberten Stein (Schwefeleisen oder Schwefelkupfer), welcher sich, wegen seiner geringeren specifischen Schwere, auf der Oberfläche des geschmolzenen Bleies ansammelt. — Auch aus silber- oder goldhaltigem metallischen Kupfer extrahirt man die genannten edlen Metalle vermittelst des Bleies, aber auf eine weniger unmittelbare Weise. Während der Schmelzung (man pflegt 11 Gwthl. Blei auf 3 Gwthl. silber- oder goldhaltigen Kupfers anzuwenden) werden nämlich sowohl Silber und Gold als auch das Kupfer vom Blei aufgelöst. Beim Erstarren dieser Legirung aber scheidet sich ein großer Theil des Bleies aus, und es entsteht ein mechanisches Gemenge von silber- oder goldhaltigem Blei und einer aus etwa 1 Gwthl. Blei und 3 Gwthl. Kupfer bestehenden Legirung von bedeutend geringerem Silbergehalte. Wird dieses mechanische Gemenge bis zum Schmelzpunkte des Bleies erhitzt, so wird nur das silber- oder goldhaltige Blei flüssig, nicht aber jene Legirung, welche daher, nach dem Ausfließen des ersteren, zurückbleibt.

5) Metalle.

Gewisse **Schwefelmetalle** können auf ähnliche Weise wie das Blei zur Extraktion von Gold oder Silber aus Erzen oder metallurgischen Produkten angewendet werden. Schmilzt man z. B. sogenannte dürre, d. h. größtentheils aus Gebirgsarten bestehende Silbererze, bei deren Schmelzung für sich ein bedeutender Theil des Silbers verschlackt werden würde, mit **Schwefeleisen** (Schwefelkies oder Magnetkies) zusammen, so nimmt letzteres das Silber als Schwefelsilber in sich auf, und die Gebirgsarten schmelzen zu einer nur wenig Silber enthaltenden Schlacke.

6) Schwefelmetalle

Die **präcipitirende Schmelzung** ist eine solche, bei welcher aus einer geschmolzenen metallischen Verbindung durch Anwendung eines Präci-

Präcipitirende Schmelzung

Präcipitirende Schmelzung.

pitationsmittels einer ihrer Bestandtheile abgeschieden und in mehr oder weniger isolirtem Zustande erhalten wird. Im engeren Sinne, und zwar in derjenigen Ausdehnung, in welcher man bis jetzt von dieser Schmelzung bei den metallurgischen Processen Gebrauch gemacht hat, versteht man darunter nur die Absonderung eines Metalles aus seiner Verbindung mit Schwefel, vermittelst der präcipitirenden Wirkung eines anderen Metalles, welches eine größere Verwandtschaft zum Schwefel besitzt als das erstere. Schmilzt man z. B. 1 Gwthl. Schwefelblei mit etwa der Hälfte metallischem Eisen zusammen, so verbindet sich letzteres mit dem Schwefel, und alles Blei wird regulinisch ausgeschieden und sammelt sich unter dem specifisch leichteren Schwefeleisen an. In diesem Falle ist also Eisen das Präcipitationsmittel, und dieses ist es auch in fast allen übrigen Fällen, in denen man sich der präcipitirenden Schmelzung bei den metallurgischen Processen bedient. Es kommt also in diesem Abschnitte hauptsächlich nur darauf an, das Verhalten des Eisens beim Zusammenschmelzen mit Schwefelmetallen näher zu betrachten. Hierüber sind besonders von Fournet interessante Versuche angestellt worden, aus denen das Folgende entlehnt ist.

Eisen, das vorzüglichste Präcipitationsmittel.

Beim Zusammenschmelzen von 9,92 Gwthl. Halb-Schwefelkupfer und 3,39 Gwthl. Eisen erhielt Fournet annähernd 8,41 Gwthl. eines aus 6,61 Gwthl. Halb-Schwefelkupfer und 1,8 Gwthl. Einfach-Schwefeleisen bestehenden Steines und einen 4,9 Gwthl. schweren Regulus, welcher aus zwei von einander geschiedenen Theilen bestand, der obere aus 2,26 Gwthl. Eisen und der untere aus 2,64 Gwthl. Kupfer *). Das Eisen war etwas kupferhaltig, und das Kupfer nicht frei von Eisen. — Also durch Zusammenschmelzen von:

Cu_2S und Fe

entsteht:

$^2/_3$ [$Cu_2S + {^1/_2}\,FeS$] (Stein)

$^2/_3$ [Cu, Fe] (Regulus).

Ueber die Zerlegung des Schwefelbleies durch Eisen wurden drei Versuche angestellt, deren Ausfall sich durch folgende Formeln anschaulich machen läßt. Das Resultat des ersten Versuches, bei welchem Schwefelblei und Eisen in dem Verhältnisse von 2 Atomen zu 1 Atom zusammengeschmolzen wurden, war folgendes. Aus

$2\,PbS$ und Fe

entsteht:

$FeS + PbS$ (Stein)

Pb (Regulus).

*) Die angewendeten Mengen des Schwefelkupfers und Eisens, der erhaltene Stein und Regulus wurden gewogen, die übrigen Gewichte aber durch Rechnung bestimmt.

Beim zweiten Versuche war das Verhältniß beider Substanzen dasselbe, aber es wurde ein sehr hoher Hitzgrad angewendet. Es bildete sich dieselbe Menge metallisches Blei wie zuvor; allein der Stein enthielt nur etwa halb so viel Schwefelblei als der früher erhaltene. Das fehlende Schwefelblei war verflüchtigt worden. Beim dritten Versuche war das Atomenverhältniß des Schwefelbleies zum Eisen wie 1 : 2. Aus

Eisen, das vorzüglichste Präcipitationsmittel.

$$PbS \text{ und } 2\,Fe$$

entsteht:

$$FeS,\ Fe \text{ (Stein)}$$
$$Pb \text{ (Regulus)}.$$

Das Einfach-Schwefeleisen des Steins enthielt nämlich 1 Atom Eisen mechanisch eingemengt. Ohne Zweifel war dasselbe in der Schmelzhitze mit ersterem zu Halb-Schwefeleisen (Fe_2S) verbunden gewesen, hatte sich aber beim Erstarren wieder ausgeschieden. — Wird endlich Schwefelblei mit Eisen in dem Verhältniß von 1 At. zu 1 At. zusammengeschmolzen, so entsteht nur Einfach-Schwefeleisen und metallisches Blei.

Auch Schwefelzink wird durch Eisen vollständig zersetzt, jedoch ist dazu eine höhere Temperatur erforderlich als beim Schwefelblei. Wenn man auf 1 At. Schwefelzink 1 At. Eisen anwendet, so ist die Zersetzung weniger vollständig, als wenn 2 At. Eisen angewendet werden. Wegen des hohen Hitzgrades wird das Zink verflüchtigt.

Obgleich, wie bereits erwähnt, das metallische Eisen fast das einzige Präcipitationsmittel ist, dessen sich der Metallurg bedient, so gewährt es dennoch mehrfaches Interesse über das Verhalten anderer Metalle beim Zusammenschmelzen mit Schwefelmetallen nähere Aufschlüsse zu erhalten. Auch hierüber sind von Fournet Versuche angestellt worden.

Andere Präcipitationsmittel.

Kupfer und Schwefeleisen wirken beim Zusammenschmelzen im Verhältniß von 1 At. zu 1 At. in der Weise auf einander ein, daß sich ein aus Halb-Schwefelkupfer und Einfach-Schwefeleisen bestehender Stein und ein Regulus von metallischem Eisen bildet. Nämlich aus:

$$FeS \text{ und } Cu$$

entsteht:

$$\tfrac{1}{2}\,[Cu_2S + FeS] \text{ (Stein)}$$
$$\tfrac{1}{2}\,Fe \text{ (Regulus)}.$$

Das Schwefelblei wird vom Kupfer vollständig zerlegt und daraus alles Blei präcipitirt, sobald man dieselben in dem Verhältniß von 1 Atom zu 2 Atomen anwendet. Aus:

$$PbS \text{ und } 2\,Cu$$

entsteht:

$$Cu_2S \text{ (Stein)}$$
$$Pb \text{ (Regulus)}.$$

Andere Präcipitationsmittel.

Nimmt man dagegen nur 1 At. Kupfer auf 1 At. Schwefelblei, so ist die Zersetzung unvollkommen. Nämlich aus

PbS und Cu

entsteht:

$\frac{1}{2}$ $[Cu_2S + PbS]$ (Stein)

$\frac{1}{2}$ Pb (Regulus).

Auch das Schwefelzink zerlegt sich mit Kupfer ziemlich vollständig, wenn man 1 At. des ersteren mit 2 At. des letzteren zusammenschmilzt, jedoch erst bei einer Temperatur, in welcher sich das Zink verflüchtigt.

Das Zinn vermag das Blei aus dem Schwefelblei zu präcipitiren, aber nur wenn es im Uebermaaße zugesetzt wird. Man erhält also hierdurch kein reines Blei, sondern eine Legirung von Blei und Zinn. Beim Zusammenschmelzen von:

PbS und Sn

entsteht:

$\frac{1}{2}$ $[SnS + PbS]$ (Stein)

$\frac{1}{2}$ $[Pb + Sn]$ (Regulus)

und durch Zusammenschmelzung von:

PbS und $2\,Sn$

entsteht:

SnS (Stein)

$Pb + Sn$ (Regulus).

Metallisches Silber scheint auf Schwefelblei durchaus nicht präcipitirend einzuwirken. In der Schmelzhitze wird es zum Theil von letzterem gelöst, scheidet sich aber beim Erkalten in fein zertheilten Körnchen wieder aus.

ournet's Gesetz Bezug auf die Präcipitation.

Als Haupt-Resultat seiner Untersuchungen über die gegenseitige Einwirkung von Metallen und Schwefelmetallen beim Zusammenschmelzen stellt Fournet folgendes wichtige Gesetz auf. Von den Metallen: Kupfer, Eisen, Zinn, Zink, Blei, Silber, Antimon und Arsenik hat Kupfer die stärkste und Arsenik die schwächste Verwandtschaft zum Schwefel; bei den übrigen Metallen dieser Reihe ist diese Verwandtschaft desto stärker, je näher sie dem Kupfer stehen. Zwei in dieser Reihe benachbarte Metalle, von denen das eine oder das andere mit Schwefel verbunden ist, entschwefeln (oder präcipitiren) sich gegenseitig nur schwierig, während dies desto leichter geschieht, je weiter sie sich von einander entfernt befinden.

Die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden wirken beim Zusammenschmelzen mit Schwefelmetallen noch in viel höherem Grade präcipitirend als andere Metalle. Zwar stehen dieselben dem Metallurgen nicht in

isolirter Form zu Gebote, allein man kann eine ähnliche Wirkung erlangen, wenn man sie in oxydirtem Zustande und mit Kohle gemengt anwendet. Schmilzt man nämlich ein Schwefelmetall mit der erforderlichen Quantität einer alkalischen Erde oder eines Alkalis und Kohle zusammen, so wird das Metall präcipitirt werden, indem sich der Schwefel desselben mit dem Radikale des Alkali oder der alkalischen Erde, und der Sauerstoff der letzteren mit der Kohle verbindet. Im Falle, daß man ein Alkali anwendete, bleibt gewöhnlich ein größerer oder geringerer Theil des Schwefelmetalles unzersetzt, indem er von der Verbindung des Schwefels mit dem Radikale des Alkali aufgelöst wird. Geschieht die Schmelzung ohne Kohle, so erhält man in der Regel ebenfalls Metall, aber auch zugleich schwefelsaures Metalloxyd oder reines Metalloxyd, durch Einwirkung des Sauerstoffs der alkalischen Erde oder des Alkali auf das Schwefelmetall gebildet. Zugleich löst sich eine beträchtlichere Menge des angewendeten Schwefelmetalls auf die vorgedachte Weise. Wendet man endlich ein kohlensaures Alkali oder eine kohlensaure Erde an, so geht die Einwirkung noch unvollkommner und schwieriger vor sich. So wird z. B. Schwefelkupfer durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Kali durchaus nicht, wohl aber durch Zusammenschmelzen mit kaustischem Kali zerlegt. Setzt man jedoch Kohle hinzu, so wirken die kohlensauren Alkalien eben so vollkommen wie die reinen.

Rückblick auf die verschiedenen Arten der Schmelzung.

Wegen der leichteren Auffassung der Principien, auf denen die metallurgischen Schmelzprocesse beruhen, sind die verschiedenen Arten der Schmelzung in dem Vorhergehenden als scharf von einander geschieden beschrieben worden. Eine solche Scheidung existirt jedoch nur in Bezug auf jene Principien, nicht aber bei der praktischen Ausübung der Schmelzprocesse. Hier kommt es nicht selten vor, daß einer dieser Processe zwei, drei, ja selbst alle vier Hauptarten der Schmelzung (oxydirende, reducirende, solvirende und präcipitirende Schmelzung) in sich vereint. Schmilzt man z. B. ein Gemenge von Kupferoxydul, Eisenoxyd und hinreichend leichtflüssiger und acider Schlacke reducirend, so wird, wie bereits erwähnt, das Kupferoxydul zu metallischem Kupfer reducirt, und das Eisenoxyd, indem es sich erst zu Oxydul reducirt hat, von der Schlacke solvirt. In diesem Falle ist also die Schmelzung sowohl eine reducirende als eine solvirende. Wird ferner ein aus Schwefelblei und eingemengter Gebirgsart bestehendes Erz mit Eisenoxyd und einem Zuschlage von zweckmäßig gewählten Schlacken reducirend geschmolzen, so findet hierbei folgender Hergang Statt. Die Schlacke solvirt die Gebirgsarten, das Eisenoxyd wird zu Oxydul reducirt und tritt als solches mit dem Schwefelblei in Berührung, wodurch der Sauerstoff des ersteren einen Theil vom Schwefel des letzteren oxydirt und verflüchtigt, während das dadurch frei gewordene metallische Eisen das Blei aus seiner Verbindung mit dem noch übrigen Schwefel präcipi-

tirt. Es umfaßt dieser Schmelzproceß folglich alle vier Hauptarten der Schmelzung.

3) Sublimation und Destillation.

Diese Processe sind nicht wesentlich verschieden von einander. Bei beiden wird ein bei höherer Temperatur flüchtiges Metall oder eine derartige metallische Verbindung von anderen weniger flüchtigen Stoffen durch Erhitzung getrennt. **Sublimation** nennt man den Proceß in dem Falle, wenn jenes Metall oder jene Verbindung aus dem gasförmigen Zustande sogleich in den starren übergeht, **Destillation** dagegen, wenn dieselben entweder vor dem Erstarren flüssig werden, oder schon bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind. In beiden Fällen wendet man Vorrichtungen an, in denen die Condensation des sublimirten oder destillirten Körpers vor sich gehen kann. Sind solche flüchtige Metalle oder Metallverbindungen mit weniger flüchtigen Stoffen nur mechanisch gemengt, und wird ihre Verflüchtigung durch chemische Einwirkung der letzteren bei erhöhter Temperatur nicht verhindert, so nennt man die durch Erhitzung bewirkte Trennung **einfache Sublimation** oder **Destillation**. Gewöhnlich sind aber diejenigen Stoffe, welche durch Sublimation oder Destillation gewonnen werden sollen, chemisch mit anderen Stoffen verbunden und müssen entweder durch eine besondere Behandlung frei gemacht oder, wenn es sich um die Gewinnung gewisser flüchtiger Verbindungen handelt, mitunter erst gebildet werden. Diese Processe kann man unter der Benennung **zusammengesetzte Sublimation** und **Destillation** zusammenfassen.

Arten der Sublimation und Destillation.

Einfache Sublimation.

Eine **einfache Sublimation** ist es unter anderen, wenn metallischer Arsenik, welcher mit Gebirgsart oder ähnlichen Stoffen verunreinigt ist, durch Erhitzung in einem zweckmäßigen Apparate verflüchtigt und darauf condensirt wird. Da die Gebirgsarten bei erhöhter Temperatur keine chemische Einwirkung auf den sich verflüchtigenden Arsenik ausüben, so kann letzterer vollständig abgeschieden und, vorausgesetzt daß man den Zutritt der Luft verhindert, als metallischer Arsenik in fester Form erhalten werden. Auf gleiche Weise kann man die Trennung der arsenichten Säure, des Schwefelarseniks und Zinnobers (Schwefelquecksilber) von den meisten schwer flüchtigen Stoffen bewirken. — Auch wenn Arsenik oder Schwefelarsenik an gewisse Körper chemisch gebunden sind, können dieselben, wenigstens theilweise, durch einfache Sublimation gewonnen werden. Erhitzt man z. B. eine der natürlich vorkommenden Arsenikstufen des Eisens (Fe^2As^3 und $FeAs^2$), so verflüchtigt sich ein Theil des Arseniks und eine niedere Arsenikstufe (wahrscheinlich $FeAs$) bleibt zurück. Wird Arsenikkies ($FeAs^2 + FeS^2$) in verschlossenen Gefäßen einer hinreichend hohen Temperatur ausgesetzt, so sublimirt sich zuerst Schwefelarsenik, darauf ein Ge-

menge von diesem mit metallischem Arsenik und zuletzt nur Arsenikmetall. Etwa die Hälfte des Schwefels und etwas weniger des Arseniks bleibt mit dem Eisen verbunden.

Einfache Destillation.

Eine **einfache Destillation** findet statt, wenn quecksilberhaltige Substanzen bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt werden. Es ist hierbei gleichgiltig, ob das Quecksilber als mechanischer oder chemischer Gemengtheil vorhanden ist; nur darf durch die Erhitzung nicht zugleich ein Körper verflüchtigt werden, der sich bei dem angewendeten Hitzgrade chemisch mit dem Quecksilber verbindet oder mit demselben verbunden bleibt. Die Verbindungen des Quecksilbers mit anderen Metallen (Amalgame) werden bei hinreichend hoher Temperatur vollständig zerlegt, sobald diese Metalle nicht selbst flüchtig sind. Auch die Oxyde des Quecksilbers werden durch Wärme decomponirt, nicht aber die Schwefel- und Chlor-Verbindungen desselben.

Zusammengesetzte Sublimation.

Durch **zusammengesetzte Sublimation** wird besonders metallischer Arsenik und Schwefelarsenik gewonnen; ersterer indem man arsenichte Säure im innigen Gemenge mit Kohle erhitzt, wodurch dieselbe reducirt und metallischer Arsenik sublimirt wird; letzterer indem man Arsenikeisen oder Arsenikkies mit Schwefelkies (FeS^2) mengt und erhitzt. Der hierbei aus dem Schwefelkiese verflüchtigte Schwefel verbindet sich mit demjenigen Theile des Arseniks, welcher in metallischer Gestalt ausgetrieben wurde, und bewirkt also, daß man als Sublimat nur Schwefelarsenik erhält. Auch durch Zusammenschmelzen von metallischem Arsenik oder arsenichter Säure mit Schwefel sublimirt sich Schwefelarsenik. In letzterem Falle muß aber eine verhältnißmäßig größere Menge Schwefel zugesetzt werden, weil ein Theil desselben durch den Sauerstoff der arsenichten Säure zu schweflichter Säure verbrannt wird.

Zusammengesetzte Destillation.

Eine **zusammengesetzte Destillation** ist bei der Gewinnung des Zinkes stets, bei der des Quecksilbers meistentheils erforderlich. Um aus dem kohlensauren Zinkoxyd, dem zur Darstellung des metallischen Zinkes meist geeigneten Erze, das Zink zu gewinnen, mengt man das gepochte Erz mit Kohle und erhitzt das Gemenge bis zur Weißgluth. Bei dieser Temperatur wirkt das sich durch unvollkommene Verbrennung der Kohle bildende Kohlenoxyd reducirend auf das Zinkoxyd, welches seine Kohlensäure schon in der Rothglühhitze verliert, metallisches Zink verflüchtigt sich und wird in einem Condensations-Apparate als flüssiges, aber bald darauf erstarrendes Metall aufgefangen. — Der Einwirkung des Eisens auf das Schwefelzink in der Weißglühhitze ist bereits bei der präcipitirenden Schmelzung gedacht worden. Da sich bei diesem Processe, wegen der zur vollständigen Zerlegung des Schwefelzinks erforderlichen hohen Temperatur, das Zink verflüchtigt, so gehört derselbe also eigentlich zur Destillation. — Aus dem Zinnober, dem am häufigsten vorkommenden Quecksilbererze, gewinnt

man das Quecksilber auf zwei verschiedene Weisen, die auf folgenden Principien beruhen. Wird Schwefelquecksilber beim Zutritt der Luft erhitzt, so verbrennt der Schwefel desselben und metallisches Quecksilber destillirt über. Mengt man Schwefelquecksilber mit Kalk (oder kohlensaurem Kalk) und Kohle, und erhitzt das Gemenge, so bildet sich Schwefelcalcium und das Quecksilber wird frei.

4) Saigerung und Krystallisation.

Dies sind ebenfalls zwei nahe mit einander verwandte Processe. Beide beruhen darauf, daß, wenn ein aus Körpern von verschiedener Schmelzbarkeit bestehendes Gemenge einer Temperatur ausgesetzt wird, bei welcher einer dieser Körper schmilzt, derselbe auf mechanische Weise, durch eine Art von Filtration, von den übrigen getrennt werden kann, sobald er durch sein Flüssigwerden nicht von einem der mit ihm gemengten Körper chemisch gebunden wird. Bei der Saigerung wird diese Art der Trennung durch Erhitzen eines zuvor kalten und starren Gemenges eingeleitet, bei der Krystallisation aber durch eine bis zu einem gewissen Punkte fortgeschrittene Abkühlung eines zuvor geschmolzenen Metallgemisches. Die folgenden Beispiele werden zur näheren Erläuterung dieser Definitionen dienen.

Saigerung.

Das am häufigsten in der Natur vorkommende Wismutherz besteht aus gediegenem Wismuth, welches mit einer oder der anderen Gebirgsart mechanisch gemengt ist. Erhitzt man ein solches Erz bis zum Schmelzpunkte des Wismuths oder etwas darüber, so wird bei dieser Temperatur nur das leichtschmelzbare Wismuth flüssig werden, nicht aber die Gebirgsart, aus welcher ersteres daher, wenn man die dazu nöthigen Vorkehrungen getroffen hat, leicht abfließen wird. Ein Aehnliches ist der Fall mit Erzen, welche Schwefelwismuth, Antimon oder Schwefelantimon enthalten. — Ferner macht man Gebrauch von der Saigerung bei der Trennung des silberhaltigen Bleies vom bleihaltigen Kupfer. Bereits bei der extrahirenden Schmelzung wurde erwähnt, daß, wenn man etwa 11 Gwthl. Blei mit 3 Gwthl. silberhaltigem Kupfer zusammenschmilzt und dies Gemisch langsam erkalten läßt, sich daraus das fast entsilberte Kupfer in Verbindung mit etwa 1 Gwthl. Blei als eine in der Masse des silberhaltigen Bleies mechanisch vertheilte Legirung ausscheidet. Wird dieses Gemenge hinreichend erhitzt, so fließt das silberhaltige Blei aus, und die Kupferblei-Legirung bleibt als eine poröse Masse zurück. — Lampadius hat gezeigt, daß man die Saigerung auch zur Reinigung leichtschmelzbarer Metalle von eingemischten schwerschmelzbaren anwenden kann. Bei der Erstarrung solcher Metallgemische scheiden sich nämlich Verbindungen der schwerschmelzbaren Metalle mit den leichtschmelzbaren aus. Erhitzt man das erstarrte

Gemenge vorsichtig, so kommt zuerst das leichtschmelzbare Metall in Fluß und kann durch Filtration von der bei dieser Temperatur noch nicht flüssigen Legirung getrennt werden. Als Filtrations-Mittel wendete Lampadius gröblich gepochten und erhitzten Quarz an. Auf diese Weise erhielt er unter anderen durch eine einzige Filtration: aus Blei mit 5 Procent Antimon und eben so viel Arsenik, gereinigtes Blei mit 0,5 Procent Arsenik und 1,2 Procent Antimon; aus Wismuth von 10 Procent Arsenikgehalt, bis auf 1,5 Procent gereinigtes Wismuth; und aus Zink von 10 Procent Eisengehalt, ein bis auf 1,3 Procent gereinigtes Zink.

Krystallisation.

Die sogenannte Krystallisation ist ein metallurgischer Proceß, welcher erst in der neuesten Zeit, durch Pattinson, in Anregung gebracht wurde. Läßt man geschmolzenes silberhaltiges Blei langsam abkühlen, so scheiden sich bei einer gewissen Temperatur kleine Krystalle aus, welche in der noch flüssigen Masse zu Boden sinken und vermittelst eines durchlöcherten Löffels ausgeschöpft werden können. Diese Krystalle sind, obwohl man eher das Entgegengesetzte vermuthen sollte, stets weniger silberhaltig als das leichtflüssigere Metall, dessen Silbergehalt also nun größer seyn wird als zuvor. Dieses Verhalten hat Pattinson benutzt, um aus Blei mit einem sehr geringen Silbergehalte ein silberreicheres Blei zu gewinnen. Soll jedoch der Erfolg einigermaßen genügend seyn, so muß die Krystallisation wiederholt werden, wie folgender Versuch zeigt. Aus 60 Ctr. Blei, welche im Centner 1 Loth Silber enthielten, wurden durch einmalige Krystallisation 40 Ctr. 0,45löthiges und 20 Ctr. 2,01löthiges Blei erhalten. Letztere wurden abermals einer Krystallisation unterworfen und dadurch in 10 Ctr. 0,9löthiges und 10 Ctr. 3,03löthiges Blei geschieden.

B. Die chemisch-metallurgischen Processe auf dem nassen Wege.

1) Solution und Präcipitation.

Wegen der nahen Beziehung, in welcher diese Processe zu einander stehen, erscheint es zweckmäßig, dieselben hier vereinigt darzustellen. Durch die Solution bereitet man vor, was durch die Präcipitation vollführt wird. Beide Processe sind nicht, wie sich von denen des vorigen Abschnittes behaupten läßt, eigenthümlich metallurgischer Art, sondern der Metallurg bedient sich bei ihrer Ausübung durchaus der Erfahrungen des auf dem nassen Wege operirenden Chemikers. Eine Erklärung derselben giebt daher jedes Lehrbuch der Chemie; und dort findet man auch die Principien entwickelt, auf welchen sie beruhen, und die Anwendungen angegeben, welche von denselben gemacht werden. In der Metallurgie ist diese Anwendung, aus schon berührten Gründen, verhältnißmäßig nur gering. Sie findet hauptsächlich statt bei

Anwendung dieser Processe.

der *Gewinnung*: 1) des *sauren chromsauren Kalis*, 2) des *Cementkupfers*, 3) des *Silbers*, nach der *Augustin'schen* und *Becquerel'schen Methode*, 4) bei der *Scheidung des Goldes vom Silber*, 5) bei der *Gewinnung des Platins*.

Die *Gewinnung des sauren chromsauren Kalis*, so viel von derselben hierher gehört, geschieht auf die Weise, daß man einfach chromsaures Kali in so viel Wasser solvirt, als zu seiner Auflösung erforderlich ist, und darauf Schwefelsäure in einem solchen Verhältnisse zusetzt, daß dadurch die Hälfte des in der Solution vorhandenen Kali an diese Säure gebunden wird. Die Hälfte der Chromsäure wird nun frei und verbindet sich mit dem noch übrigen einfach chromsauren Kali zu doppelt-, d. h. saurem chromsauren Kali, welches, wegen seiner Schwerlöslichkeit, als ein feinkörnig krystallinisches Pulver präcipitirt wird.

Zur *Gewinnung des Cementkupfers* wird zunächst Kupfer in aufgelöstem Zustande erfordert. Entweder bringt man eine solche Auflösung künstlich hervor, oder man benutzt dazu natürlich vorkommende kupferhaltige Wässer, wie sie nicht selten in Bergwerken angetroffen werden. Fast stets ist es eine Auflösung des schwefelsauren Kupferoxyds, aus welcher man das Kupfer präcipitirt oder, wie man es zu nennen pflegt, cementirt. Diese Präcipitation oder Cementation bewirkt man durch metallisches Eisen, welches man, in Form von größeren oder kleineren Stücken, in die Auflösung des Kupfervitriols bringt und so lange darin läßt, bis alles Eisen aufgelöst ist und sich an seiner Stelle metallisches Kupfer, Cementkupfer, niedergeschlagen hat. Das Eisen, welches sich gegen Kupfer stark elektropositiv verhält, verdrängt das letztere aus seiner Verbindung mit Schwefelsäure, $\dot{Cu}\ddot{S}$, und bildet, unter Abscheidung des Kupfers in metallischer Gestalt, Eisenvitriol, $\dot{Fe}\dddot{S}$. Anstatt des Eisens kann man natürlich auch irgend ein anderes Metall anwenden, welches in einem ähnlichen elektrischen Verhältnisse zum Kupfer steht wie das Eisen, z. B. Zink. Oekonomische Rücksichten gestatten dies jedoch in den meisten Fällen nicht.

Ueber die *Gewinnung des Silbers nach der Augustin'schen und Becquerel'schen Methode* sind bisher noch zu wenige nähere Aufschlüsse bekannt geworden, als daß sich eine in's Detail gehende Beschreibung dieser Processe daraus entnehmen ließe. Hinsichtlich der denselben zu Grunde liegenden Theorien, auf welche es hier hauptsächlich ankommt, kann aber etwa Folgendes angeführt werden. Bei der *Augustin'schen* Methode wird die Erfahrung benutzt, daß Chlorsilber, $Ag\,Cl_2$, in nicht unbeträchtlicher Menge von einer gesättigten Kochsalzlösung aufgelöst wird. Behandelt man also feingepochte Silbererze, in denen man das Silber durch eine chlorirende Röstung so vollständig als möglich in Chlorsilber umgewan-

delt hat, mit einer Kochsalzlauge, so kann hierdurch alles vorhandene Chlorsilber solvirt, und aus dieser Solution durch ein geeignetes Metall, wie z. B. Kupfer, in metallischem Zustande präcipitirt werden. Von der Becquerel'schen Methode ist noch weniger mit Zuverlässigkeit bekannt. Auch Becquerel scheint die fein gepochten und hinreichend chemisch vorbereiteten Silbererze mit irgend einem Auflösungsmittel zu behandeln, welches aber wahrscheinlich nicht hinzureichen braucht, um alles Silber auf einmal zu extrahiren. Möglicher Weise läßt er nämlich durch die mit dem Auflösungsmittel übergossenen Erze einen galvanischen Strom gehen, welcher das Silber an dem negativen Pol der Säule ausscheidet und dadurch das Auflösungsmittel wieder geschickt macht, eine neue Quantität Silber in sich aufzunehmen, die dann auf gleiche Weise präcipitirt wird, und so fort*).

Anwendung dieser Processe.

Bei der Scheidung des Goldes vom Silber auf dem nassen Wege bedient man sich entweder der Schwefelsäure, Salpetersäure oder der Salpeter-Salzsäure (des sogenannten Königswassers) als Auflösungsmittel. Die Schwefelsäure ist in neuerer Zeit hierbei am Allgemeinsten in Anwendung gekommen, weil sie größere ökonomische Vortheile gewährt als die beiden anderen Säuren. Kocht man eine aus Silber und Gold bestehende Legirung mit concentrirter Schwefelsäure, so erhält man eine Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd, und das Gold bleibt in metallischem Zustande als pulverförmige Masse zurück. Wird die Silberauflösung darauf mit Wasser verdünnt und metallisches Kupfer oder Eisen in dieselbe gebracht, so präcipitiren diese Metalle das Silber. Das Resultat dieser Scheidung ist jedoch nur dann vollkommen, wenn jene Legirung nicht viel über ein Fünftel ihres Gewichtes Gold enthielt. Je mehr die relative Menge des Goldes dieses Verhältniß überschreitet, desto silberhaltiger fällt das abgeschiedene Gold aus, wahrscheinlich weil alsdann Partikel der Legirung von reinem Golde mechanisch umschlossen und auf diese Weise der auflösenden Wirkung der Schwefelsäure entzogen werden. — Auf ganz denselben Principien beruht

Goldscheidung durch Schwefelsäure.

*) Versuche dieser Art, aber nur im Kleinen, wurden vor einigen Jahren vom Hrn. Hütten-Factor Ziervogel und dem Verfasser auf dem Mansfeldischen Amalgamirwerke angestellt. Sie gaben insofern kein günstiges Resultat, als die Entsilberung der Erze im Verlaufe mehrerer Tage nicht vollständig zu erreichen war. Wahrscheinlich werden hierzu schwache galvanische Ströme und viel Zeit erfordert, wodurch man sich dem Verfahren nähert, dessen sich die Natur in vielen Fällen zur Ausscheidung der Erze, namentlich aber der gediegenen Metalle in den Gängen, bedient haben dürfte. So z. B. dürfte das Silber in den Kongsberger Gängen, welches sich vorzugsweise da in denselben findet, wo sich die Gänge mit den Fallbändern (Eisen und Kupferkies führende Gneuszonen) kreuzen, durch einen solchen galvanischen Proceß, theils aus den Fallbändern, theils vielleicht aus den Gängen selbst, an diesen Stellen angehäuft worden seyn.

Goldscheidung durch Salpetersäure.

die Scheidung, wenn man Salpetersäure anstatt der Schwefelsäure dazu anwendet; und auch in diesem Falle ist es nothwendig, daß die Menge des Goldes in der Legirung ein gewisses Verhältniß nicht überschreite, weil die Salpetersäure sonst ebenfalls ein silberhaltiges Gold zurückläßt. Das Gold darf nur etwa $^1/_4$ bis höchstens $^1/_3$ der Legirung ausmachen. — Bei der Anwendung der Salpeter-Salzsäure ist die Wirkung anderer Art. Sowohl Silber als Gold verwandeln sich hierbei in Chlormetalle, aber nur das Chlorgold löst sich vollständig auf, während das Chlorsilber, bis auf eine geringe von dem Säureüberschuß gelöste Menge, ungelöst zurückbleibt. Durch annähernde Neutralisirung oder durch Verdünnung kann auch dieser Theil des Chlorsilbers gefällt werden. Aus der Auflösung des Chlorgoldes präcipitirt man das Gold in der Regel durch eine Solution von schwefelsaurem Eisenoxydul. Bei der Vermischung beider Solutionen entsteht schwefelsaures Eisenoxyd und Eisenchlorid, welche gelöst bleiben, und metallisches Gold, welches in Pulverform niederfällt. Diese Zersetzung kann durch folgende Formeln veranschaulicht werden. Durch Vermischen von:

Goldscheidung durch Salpeter-Salzsäure.

$$6\,\dot{Fe}\ddot{S} \text{ und } Au\,\bar{Cl}^3$$

entsteht

$$\left.\begin{matrix} 2\,\ddot{\bar{Fe}}\dddot{S}^3 \\ Fe\,\bar{Cl}^3 \end{matrix}\right\} \text{bleiben gelöst,}$$

$$Au \quad \text{wird präcipitirt.}$$

Aus dem Chlorsilber kann man das Silber auf verschiedenen Wegen metallisch darstellen, so z. B. durch präcipitirende Schmelzung mit kohlensaurem Kali oder Natron. Im Großen ist die Scheidung des Goldes vom Silber durch Salpeter-Salzsäure, wegen der damit verbundenen Kosten und mancherlei praktischen Schwierigkeiten, wohl nur selten in Ausführung gebracht worden.

Die Gewinnung des Platins aus dem Platinerze, einem durch Eisen, Iridium, Rhodium, Osmium, Palladium und Kupfer verunreinigten gediegenen Platin, geschieht der Hauptsache nach auf folgende Weise. Das Erz wird während längerer Zeit mit Salpeter-Salzsäure digerirt, wodurch alle eben genannten Metalle gelöst werden. Zu dieser Solution fügt man eine Auflösung von Salmiak und präcipitirt dadurch das Platin als Ammoniumplatinchlorid (Platinsalmiak, eine Verbindung von 1 At. Salmiak mit 1 At. Platinchlorid), welches jedoch stets mehr oder weniger durch Ammoniumiridchlorid, einer jenem Platinsalze analog zusammengesetzten Verbindung, verunreinigt ist. Durch Glühen des Platinsalmiaks bleibt metallisches Platin in Gestalt einer porösen Masse als sogenannter Platinschwamm zurück.

2) Amalgamation.

Das Quecksilber besitzt die bekannte Eigenschaft, andere Metalle bei gewöhnlicher oder doch nur wenig erhöhter Temperatur mit größerer oder geringerer Leichtigkeit aufzulösen, vorzugsweise leicht aber Gold und Silber. Durch Fortschaffung des überschüssigen Quecksilbers kann man aus solchen Auflösungen Verbindungen abscheiden, in denen sich das Quecksilber in festen Proportionen mit anderen Metallen vereinigt befindet. Sowohl diese Verbindungen wie auch jene Auflösungen pflegt man **Amalgame** zu nennen, obgleich es richtiger ist, diese Benennung auf die ersteren zu beschränken und die letzteren als Auflösungen von Amalgamen in überschüssigem Quecksilber zu betrachten.

Amalgame.

Unter **Amalgamation**, im umfassendsten Sinne des Wortes, versteht man die Bildung der Amalgame und die Darstellung ihrer Auflösungen in Quecksilber; in engerer, metallurgischer Beziehung dagegen, die durch Quecksilber bewirkte Extraktion des Goldes und Silbers aus Erzen oder metallurgischen Produkten.

Einwirkung des Quecksilbers auf Golderze

Werden feingepochte Golderze mit Quecksilber zusammengerieben, so kann, wenn die Operation hinreichend lange fortgesetzt wird, alles Gold aus denselben extrahirt werden.

und Silbererze.

Unterwirft man Silbererze dieser Behandlung, so erhält man ein weniger vollkommnes Resultat, theils weil das Silber vom Quecksilber weniger leicht gelöst wird, theils weil es nur selten in unverbundenem (gediegenem) Zustande in den Erzen enthalten ist. Allerdings wird auch Schwefelsilber beim Zusammenreiben mit Quecksilber zerlegt, aber nur langsam und unvollständig, und noch in geringerem Grade, wenn es, wie häufig der Fall, mit anderen Schwefelmetallen chemisch verbunden vorkommt.

Vermehrung der solvirenden Kraft des Quecksilbers

Um daher das Silber durch Amalgamation vollständiger zu gewinnen, muß die auflösende und zersetzende Kraft des Quecksilbers künstlich erhöht werden.

durch Wärme

Ein Mittel hierzu ist die Wärme. Durch erhöhte Temperatur steigert sich die extrahirende Wirkung des Quecksilbers, doch nicht in dem erforderlichen Grade.

und Elektricität.

Die Elektricität ist ein noch weit kräftigeres Mittel, dessen Anwendung aber voraussetzt, daß das in den Erzen enthaltene Silber zuvor in irgend eine Verbindung umgewandelt worden sey, welche durch einen galvanischen Strom leicht zerlegt wird. Dies werden die meisten Silbersalze, wie schwefelsaures Silberoxyd, salpetersaures Silberoxyd, Chlorsilber u. s. w. Es wird nun am zweckmäßigsten seyn, das Silber in dasjenige dieser Salze umzuwandeln, dessen Darstellung mit den geringsten praktischen Schwierigkeiten und Kosten verknüpft ist. Schon früher, bei der Röstung, wurde angeführt, daß das in den Erzen und metallurgischen Produkten enthaltene Silber durch ein chlorirendes Rösten in Chlorsilber umgewandelt werden kann, und es dürfte wohl schwierig seyn, dasselbe sowohl auf leichtere und weniger kostspielige Weise als auch zugleich **vollständiger** in irgend ein

anderes Salz umzuändern. Eine chlorirende Röstung muß also der Amalgamation vorausgehen. Nach diesem vorbereitenden Processe kommt es darauf an, das gebildete Chlorsilber durch einen galvanischen Strom zu zerlegen, und zwar derartig, daß hierbei das Quecksilber den elektro-negativen und ein anderes geeignetes Metall den elektro-positiven Pol der galvanischen Säule repräsentirt, wodurch also das Silber vom Quecksilber und das Chlor von jenem anderen Metalle angezogen werden wird. Dies erreicht man dadurch, daß man die vorbereiteten Erze oder Produkte mit Wasser und Quecksilber zu einem Brei anrührt, in welchen man Stücke metallischen Eisens bringt. Das Wasser löst hierbei verschiedene Salze auf, die sich außer dem Chlorsilber während der chlorirenden Röstung gebildet haben, und diese salzhaltige Flüssigkeit ist es, die durch ihre Einwirkung auf Quecksilber und Eisen einen galvanischen Strom zu Wege bringt, in welchem sich das Quecksilber elektro-negativ und das Eisen elektro-positiv verhält. Der elektro-positive Bestandtheil des Chlorsilbers, das Silber, wird sich also an das elektro-negative Quecksilber, und der elektro-negative Bestandtheil desselben, das Chlor, wird sich an das Eisen begeben, wodurch eine Auflösung von Silber-Amalgam in Quecksilber, nebst Eisenchlorid, entstehen werden. Daß diese Zerlegung eine sehr kräftige ist, welcher, bei Anwendung hinreichender Zeit, kein Theil des Chlorsilbers entgehen kann, folgt daraus, daß schon das Eisen für sich im Stande ist, das Chlorsilber zu zerlegen. Legt man nämlich Chlorsilber auf ein blankes Stück Eisen und übergießt beides mit einer verdünnten Säure oder auch nur mit Wasser, so findet man nach einiger Zeit alles Chlorsilber in metallisches Silber und einen entsprechenden Theil des Eisens in Eisenchlorid umgewandelt.

II. Von den mechanisch-metallurgischen Processen.

Diese sind, wie bereits früher erwähnt, meist von einer so untergeordneten Wichtigkeit, und ihre Ausführung geschieht zugleich auf so einfache Weise, daß es hier genügen wird, nur einige derselben dem Namen nach anzugeben. Es gehören dazu unter anderen 1) Zerkleinerungs-Arbeiten, wie Zerschlagen (vermittelst des Hammers und ähnlicher Werkzeuge), Pochen (durch Stempel- oder Hammer-Pochwerke), Walzen (vermittelst einer oder mehrerer Quetsch-Walzen) und Mahlen (mit oder ohne Wasser, auf Mühlen, welche mehr oder weniger Kornmühlen gleichen); 2) Scheide-Arbeiten, wie Handscheiden (Sortiren durch die Hand des Arbeiters), Schlämmen (Sonderung der absolut oder specifisch schwersten Partikel pulverförmiger Massen von den weniger schweren, entweder durch den Stoß des Wassers oder durch Aufschwemmung und Absatz aus demselben) und Sieben; 3) Mengungs-Arbeiten, wie Gattiren (Mengen

Eintheilung derselben.

der Erze nach gegebenen Verhältnissen), Beschicken oder Aufgeben (Füllen der Oefen mit den gattirten Erzen, den Zuschlägen und Brennmaterialien) u. s. w. u. s. w. In dem folgenden Abschnitte wird, bei der Beschreibung der zur Ausführung einiger dieser Arbeiten nöthigen Vorrichtungen, auch noch einiges Nähere über die wichtigsten dieser Arbeiten selbst angeführt werden. Die sämmtlichen bei den metallurgischen Processen vorkommenden mechanischen Operationen zu ordnen und in ein System zu bringen, dürfte eine eben so schwierige wie nutzlose Arbeit seyn. Ein großer Theil derselben kann übrigens auch aus dem Grunde hier nicht ausführlicher behandelt werden, weil dabei eine Sachkenntniß vorausgesetzt werden müßte, welche erst durch die folgenden Abschnitte erlangt werden soll. Nur hinsichtlich der Zerkleinerungs- und Mengungs-Arbeiten erscheint es zweckmäßig die folgenden Erläuterungen beizubringen.

Wichtigkeit der Zerkleinerungs- und Mengungs-Arbeiten.

Bei vielen metallurgischen Processen kommt es darauf an, die verschiedenen Bestandtheile eines mechanischen Gemenges durch erhöhte Temperatur in einen Zustand gegenseitiger chemischer Aktion zu versetzen. In den meisten Fällen muß hierbei die Temperatur bis zum Schmelzen des ganzen Gemenges oder einiger seiner Bestandtheile gesteigert werden, in anderen braucht sie weniger hoch zu seyn. Es fragt sich nun, in wie fern es unter diesen Umständen Vortheil gewähren kann, daß die Substanzen solcher Gemenge mehr oder weniger zerkleinert und gut mit einander gemengt sind? Eine allgemein giltige Antwort läßt sich hierauf nicht ertheilen, wohl aber eine Auskunft in Bezug auf specielle Fälle.

Es ist bereits gezeigt worden, daß bei der reducirenden Schmelzung die Kohle nicht als solche (durch unmittelbare Berührung des zu reducirenden Stoffes), sondern hauptsächlich als Kohlenoxyd wirkt. Hieraus folgt, daß es unnütz seyn würde, dieselbe bis zur Pulverform zu zerkleinern und mit den Stoffen zu mengen, auf welche sie eine desoxydirende Wirkung ausüben soll, da das Kohlenoxydgas mit denselben gleichwohl an allen solchen Stellen ihrer Oberfläche und ihres Innern, wohin eine Gasart zu dringen vermag, in Berührung treten wird. Auf der andern Seite aber ist es einleuchtend, daß die Reduktion desto schneller vor sich gehen muß, je mehr Angriffspunkte sich hierzu dem Kohlenoxydgase darbieten, oder, mit anderen Worten, je feiner der zu reducirende Körper gepulvert ist. Hieraus würde sich also die Regel ergeben, daß man bei der reducirenden Schmelzung das Brennmaterial in größeren Stücken, die zu reducirende Substanz aber in Pulvergestalt anzuwenden habe. Letzteres wird jedoch überflüssig seyn, wenn diese Substanz eine sehr poröse Beschaffenheit besitzt, wie es z. B. der Fall ist, wenn sie vorher einer einfach-verflüchtigenden Röstung unterworfen wurde, wodurch Kohlensäure, Wasser oder andere flüchtige Bestandtheile aus ihr entwichen. — Anders als in Beziehung auf die Re-

Wichtigkeit der Zerkleinerungs- und Mengungs-Arbeiten.

duktion verhält es sich hiermit hinsichtlich der Schmelzung. Kommt es hauptsächlich darauf an, Stoffe bis zum Schmelzen zu erhitzen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Schmelzung früher eintreten wird, wenn man die Stoffe zerkleinert anwendet, als wenn man sie in größeren Stücken erhitzt. Von ganz besonderer Wichtigkeit erscheint aber diese Zerkleinerung nebst darauf folgender Mengung, wenn man mehrere Substanzen zusammen schmelzen will, die verschiedene Grade der Schmelzbarkeit besitzen. Gesetzt, man wollte ein durch Eisenoxyd stark verunreinigtes Kupferoxydul einer reducirend-solvirenden Schmelzung unterwerfen, nämlich das Kupferoxydul zu regulinischem Kupfer reduciren und das Eisenoxyd als Oxydul solviren, und könnte hierzu nur eine wenig acide Schlacke, ein Sub- oder Singulo-Silikat, anwenden, weswegen man genöthigt wäre, Quarz als Zuschlag zu gebrauchen: so würde man seinen Zweck nur sehr unvollkommen erreichen, wenn man alle diese Substanzen in größeren Stücken, und vielleicht nicht einmal durcheinandergeworfen, zur Schmelzung bringen wollte. Es würde so lange Zeit und eine so hohe Temperatur erfordern, bis daß die Quarzstücke von der Schlacke gelöst wären, daß mittlerweile ein großer Theil des Eisenoxyds zu metallischem Eisen reducirt und vielleicht gar schon geschmolzen seyn würde. Daß also in solchen Fällen die Zerkleinerung und Mengung der Schmelzmaterialien vom wichtigsten Einflusse auf das Gelingen des Processes ist, bedarf kaum einer weiteren Erläuterung; und überhaupt kann man annehmen, daß dieselbe auch in anderen Fällen fast stets von Nutzen ist und wohl niemals einen schädlichen Einfluß auf den chemischen Verlauf des Processes ausübt. Andere Rücksichten, und hierunter besonders ökonomische, erlauben es jedoch nicht immer, eine derartige mechanische Vorbereitung des Schmelzgutes vorzunehmen; aber wenn es sich auch von selbst verbietet, eine allzu kostspielige Sorgfalt hierauf zu verwenden, so läßt sich doch nicht läugnen, daß man mitunter in dieser Beziehung durch eine nur wenig vergrößerte Arbeit Vortheile erlangen könnte, welche diese Arbeit mehrfach vergüten würden.

Bei Schmelzungen eines mechanischen Gemenges, dessen verschiedene Gemengtheile im geschmolzenen Zustande chemisch auf einander wirken und also in möglichst vielfache und innige Berührung kommen sollen, kann es nicht als zweckfördernd betrachtet werden, wenn das Brennmaterial mit den zu schmelzenden Stoffen gemengt wird. Jedes Stück Kohle, Koak u. s. w. ist hierbei ein mechanisches Hinderniß, welches sich jener Berührung entgegenstellt. Am vollkommensten werden daher solche Processe ausgeführt, obwohl mit vergrößertem Aufwande an Brennmaterial, wenn das letztere auf eine zweckmäßige Weise von dem Schmelzgute abgesondert wird.

Zweiter Abschnitt.

Beschreibung der Apparate, in welchen die metallurgischen Processe ausgeführt werden.

Die verschiedenen metallurgischen Processe erfordern zu ihrer Ausführung verschiedenartige Apparate, die sich am zweckmäßigsten nach den Processen eintheilen lassen, welche in denselben vorgenommen werden. So wenig es der Zweck des vorigen Abschnittes war, eine genaue Einsicht in das Detail der metallurgischen Processe zu gewähren, eben so wenig kann in diesem Abschnitte davon die Rede seyn, eine specielle Beschreibung der gedachten Apparate und eine auf wissenschaftlichen Principien basirte Anweisung zu ihrer zweckmäßigsten Construktion zu liefern. Es wird hier vielmehr nur darauf ankommen, außer der Klassification sämmtlicher dieser Apparate, die Form und die Theile der einzelnen derselben, sowohl ihren technischen Namen als Zwecken nach, in eine übersichtliche Darstellung zu bringen. Jene specielleren Angaben können ohne diese Präliminarien nicht verstanden und nicht eher gemacht werden, bis von den Wärme-Beförderungsmitteln (im vierten Abschnitte des ersten Theils) und von den Processen zur Gewinnung der einzelnen Metalle (im zweiten Theile) gehandelt werden wird.

I. Von den Apparaten zu den chemisch-metallurgischen Processen auf dem heißen Wege.

Alle diese Apparate können unter dem gemeinschaftlichen Namen Oefen zusammengefaßt werden. In den Oefen werden die Erze oder metallurgischen Produkte, entweder für sich oder unter Mitwirkung anderer Stoffe, einer mehr oder weniger hohen Temperatur ausgesetzt, wodurch

man chemische Aktionen in ihnen erregt, die der Metallurg zur Erreichung seiner Zwecke benutzt. Die erste Anforderung, welche man an diese Apparate machen kann, ist die, daß das Material, aus welchem sie bestehen, geeignet ist, sowohl jener höheren Temperatur (durch sogenannte Feuerfestigkeit) als auch der chemischen Einwirkung der Flamme und der zu behandelnden Erze oder Produkte, einen hinreichenden Widerstand zu leisten. Damit die Beschreibung der verschieden construirten Oefen genügend deutlich werde, ist es daher erforderlich, eine Uebersicht der hauptsächlichsten Materialien vorauszuschicken, aus denen man die Oefen herzustellen pflegt.

A. Von den Materialien, aus welchen die Oefen erbaut werden.

Die Eigenschaft der **Feuerfestigkeit**, welche diese Materialien in höherem oder geringerem Grade besitzen müssen, kommt einer großen Anzahl von Körpern zu, unter denen diejenigen die geeignetsten zum Bau der Oefen seyn werden, welche zugleich jenen vorgedachten chemischen Einwirkungen bestmöglichst widerstehen, und deren Anwendung auch in ökonomischer Hinsicht ausführbar ist. Eine nicht geringe Anzahl von Materialien, welche diesen Anforderungen genügen, liefert die Natur in einem solchen Zustande, daß ihnen nur eine zweckmäßige Form gegeben zu werden braucht, um unmittelbar zum Ofenbau anwendbar zu seyn. Dies sind die **natürlich vorkommenden feuerfesten Steine**. Nicht selten müssen aber mehrere natürlich vorkommende feuerfeste Materialien erst verschiedenen Operationen, wie Pochen, Sieben, Mengen, Brennen u. s. w. unterworfen werden, um auf diese Weise feuerfeste Massen von verschiedener Form daraus bilden zu können. Dies sind die **künstlich dargestellten feuerfesten Steine**. Zur möglichst mechanisch dichten Verbindung solcher entweder natürlich vorkommenden oder künstlich gebildeten Steine ist in der Regel ein **Mörtel** erforderlich, welcher ebenfalls mehr oder weniger feuerfest seyn muß. Endlich bedient man sich der feuerfesten Materialien in manchen Fällen noch auf andere Art, nämlich als **loser Massen**.

Eintheilung der feuerfesten Materialien

Feuerfeste Substanzen.

Die Unschmelzbarkeit oder doch wenigstens sehr schwierige Schmelzbarkeit der hier in Rede stehenden feuerfesten Materialien rührt von gewissen **feuerfesten Substanzen** her, aus denen dieselben bestehen. Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Kalkerde und Baryterde sind für sich bei etwa 2500° C., einem Hitzgrade, wie er nicht leicht in einem Schmelzofen überschritten wird, vollkommen unschmelzbar. Etwas weniger schwer schmelzen die Silikate der Thonerde, Talkerde, Kalkerde und Baryterde. Nach **Plattner's** früher angeführten Versuchen liegen die Schmelzpunkte derselben (der Bi-

und Trisilikate) zwischen 2000 und 2400° C. Am schwersten schmelzbar unter diesen sind die Thonerde-Silikate, dann folgen die Talkerde-Silikate und darauf die Kalk- und Baryt-Silikate. Durch Aufnahme irgend anderer Basen erhalten alle diese Silikate einen niedrigeren Schmelzpunkt. Auch wenn mehrere derselben mit einander gemengt vorkommen, ist ihr Schmelzpunkt niedriger, als das Mittel aus den Schmelzpunkten der einzelnen Silikate. Von den genannten schwerschmelzbaren Substanzen sind es besonders Kieselerde und die Silikate der Thonerde, zuweilen auch die der Talkerde, von denen die Feuerfestigkeit der beim Ofenbau angewendeten Materialien herzurühren pflegt. Nur in seltneren Fällen hat hieran auch der unschmelzbare Kohlenstoff einen Antheil.

Feuerfeste Substanzen.

1) Natürlich vorkommende feuerfeste Steine.

Hierzu gehören: Sandstein, Thonschiefer, Talkschiefer, Chloritschiefer, Glimmerschiefer, Gneus, Granit, Porphyr u. s. w. Da alle diese Gebirgsarten aus einem Gemenge verschiedener Mineralien bestehen, deren relative Gewichtsmengen durchaus nicht constant sind, so ist es einleuchtend, daß nicht allen gleichbenannten Steinen eine gleiche Feuerfestigkeit zukommt, und daß dieselben desto schwerschmelzbarer seyn werden, je mehr Kieselerde oder Thonerde- oder Talk-Silikat, und je weniger Alkali- und Metalloxyd-Silikate dieselben enthalten.

Verschiedene Arten von Sandstein.

Sandstein kann im Allgemeinen als das feuerfesteste und zum Ofenbau meist geeignete Material betrachtet werden. Die vorzüglichste Art desselben besteht aus Quarzkörnern von etwa Hirsekorn-Größe, welche durch ein quarziges Bindemittel zusammengekittet sind. Weniger gute Eigenschaften besitzen Sandsteine, die kein derartiges, sondern ein mehr oder weniger leichter schmelzbares Bindemittel haben, oder solche, die außer Quarzkörnern auch noch Körner anderer Mineralien enthalten. Nicht allein wegen seiner Feuerfestigkeit ist der Sandstein ein so vorzügliches Ofenbaumaterial, sondern auch wegen der Leichtigkeit, mit welcher er sich bearbeiten läßt, und weil er beim Erhitzen nicht so sehr dem Zerspringen ausgesetzt ist, wie dies mit anderen, mehr compakten Steinen der Fall zu seyn pflegt.

Thonschiefer.

Thonschiefer giebt es von sehr verschiedenen Graden der Schmelzbarkeit. Die Zusammensetzung des feuerfestesten pflegt sich der eines Bi- oder Trisilikates von Thonerde zu nähern. Andere Arten enthalten beträchtliche Mengen von Kalkerde (nicht selten als kohlensaurer Kalk eingemengt), Eisenoxyd oder Alkali; diese sind zuweilen ziemlich leicht schmelzbar. Die einigen Thonschiefern mechanisch beigemengte Kohle erhöht die Schwerschmelzbarkeit derselben.

Talkschiefer. Talkschiefer ist in der Regel sehr feuerfest, da seine Zusammensetzung fast stets der eines Talkerde- Bi- oder Trisilikates nahe kommt. Zugleich läßt er sich mit geringer Mühe bearbeiten. Letzteres gilt jedoch nicht von derjenigen Varietät, welche viel Quarz bei sich führt.

Chloritschiefer. Chloritschiefer (entweder aus fast reinem Chlorit, oder aus einem Gemenge desselben mit Quarz bestehend) giebt, wenn er nicht zu den viel Eisenoxydul enthaltenden Varietäten gehört, ebenfalls ein ziemlich feuerfestes und, wenn nicht zuviel Quarz darin eingemengt ist, ein leicht zu bearbeitendes Material zum Ofenbaue ab.

Glimmerschiefer. Glimmerschiefer (ein Gemenge von Quarz und Glimmer) ist desto feuerfester, je mehr Quarz derselbe enthält, und je weniger alkalireich sein Glimmer ist.

Gneus und Granit. Gneus und Granit (Gemenge aus Quarz, Feldspath und Glimmer) können nur in dem Falle zu den schwerschmelzbaren Gebirgsarten gerechnet werden, wenn der Quarz ihren vorherrschenden Bestandtheil ausmacht.

Porphyr. Porphyr ist theils leicht schmelzbar, theils schwerschmelzbar; ersteres, wenn derselbe fast nur aus Feldspath (feldspathartige Grundmasse mit Feldspathkrystallen) besteht, letzteres besonders, wenn er ein sogenannter Hornstein- oder Eurit-Porphyr ist (quarzige Grundmasse mit Feldspathkrystallen und zuweilen auch Quarzkörnern).

Alle hornblendehaltigen Gebirgsarten sind, wegen des häufigen Gehaltes der Hornblende an Eisenoxydul und Alkali, weniger schwerschmelzbar als die eben genannten Gesteine.

Bei Zugrundelegung der vorhin ausgesprochenen allgemeinen Principien ist es nicht schwer, die Schmelzbarkeit irgend einer Gebirgsart zu beurtheilen, deren Zusammensetzung einigermaßen bekannt ist. Das beste Mittel hierzu bleibt aber immer der direkte Weg, nämlich sich durch einen Versuch von dem Hitzgrade zu überzeugen, welchen ein betreffendes Gestein auszuhalten vermag, ohne in Schmelzung zu gerathen.

2) Künstlich bereitete feuerfeste Steine.

In diesen pflegen Kieselerde und Thonerde die einzigen oder doch die Haupt-Bestandtheile auszumachen. Es giebt zwei Arten derselben, nämlich Thonsteine und Sandsteine.

Steine aus Thon. Die Thonsteine werden aus feuerfestem Thon fast ganz auf dieselbe Art wie gewöhnliche Backsteine (Mauersteine) angefertigt. Der feuerfeste Thon besteht aus einem Thonerde-Silikate, dessen Kieselerdegehalt in der Regel zwischen dem eines Singulo- und Bisilikates liegt. Da bekanntlich alle aus Thon gefertigten Gegenstände bei höherer Temperatur, theils durch Entweichen von Wasser, theils vermittelst Zusammensinterns, ihr

Volumen bedeutend vermindern oder, wie der praktische Ausdruck dafür lautet, »schwinden«, wodurch sie oft rissig und undicht werden, so besitzen Steine, welche nur aus natürlich vorkommendem Thone gemacht und darauf gebrannt sind, nicht immer alle erforderlichen guten Eigenschaften. Ein solches Schwinden und Rissigwerden sucht man dadurch zu verhindern, daß man dem ungebrannten Thone eine gewisse Quantität gebrannten (und also nun nicht mehr schwindenden) Thonpulvers beimischt. Auf 1 Maaßtheil des ersteren nimmt man gewöhnlich 2 bis 3 Maaßtheile des letzteren.

Steine aus Thon und Quarzsand.

Die Sandsteine sind eine Nachahmung der natürlich vorkommenden Steine gleichen Namens. Man verfertigt sie aus einem Gemenge von etwa 1 Maaßtheil Thon und 2 — 3 Mßthl. Quarzsand. Sie sind noch feuerfester als die Thonsteine und dem Schwinden fast gar nicht ausgesetzt, wenigstens nicht, nachdem man sie schwach gebrannt hat. Zugleich bieten sie die Bequemlichkeit dar, sich im gebrannten Zustande, wenn sie nicht zu groben Quarzsand enthalten, leicht (besonders durch Sägen) bearbeiten zu lassen. Trotz ihrer Zerbrechlichkeit bei gewöhnlicher Temperatur sind sie in der Glühhitze von großer Festigkeit.

Einmengung von Kohle.

Sowohl Sandsteine als Thonsteine können durch eine Einmischung von Kohle noch bedeutend feuerfester gemacht werden. Gepulverte Holzkohle und Koaks sind hierzu weniger zu empfehlen als Graphit. Allerdings ist selbst dieser, wenn auch weniger leicht als andere Kohle, dem Verbrennen ausgesetzt; allein sobald sich die dem Feuer ausgesetzte Seite des kohlehaltigen Steins verglast hat, vermag die Luft nicht mehr auf die Graphitpartikel im Innern desselben oxydirend einzuwirken. Es ist daher rathsam, solche Steine an den betreffenden Stellen mit einem dünnen, leichtschmelzbaren Ueberstrich zu versehen. 1 Mßthl. ungebrannter Thon, $1^1/_2$ — 2 Mßthl. gebrannter Thon und 1 — $1^1/_2$ Mßthl. Graphit ist ein vortheilhaftes Mischungsverhältniß für graphithaltige Thonsteine. Zu den Sandsteinen darf man, zumal wenn die Sandkörner sehr grob sind, nicht ganz so viel Graphit anwenden, weil diese Steine sonst nach dem Brennen zu leicht zerbröckeln würden.

Masse.

Mitunter werden gewisse Theile von Oefen nicht aus einzelnen Steinen erbaut, sondern aus sogenannter Masse geschlagen. Diese Masse besteht aus denselben Materialien wie die Thonsteine oder Sandsteine, nur daß man den starkgebrannten Thon oder Quarz zuweilen in größeren (bis haselnußgroßen) Körnern anzuwenden pflegt, um dem Schwinden dadurch noch mehr vorzubeugen. Sobald der Ofen bis zum Glühen erhitzt wird, bindet die Masse und bildet dann gewissermaßen einen einzigen Thon- oder Sandstein. Mit eben so gutem Erfolge, wie bei den Thon- und Sandsteinen, kann man auch dieser Masse Graphit beimengen.

Masse. Aus ganz demselben Gemenge, wie die Thonsteine, werden auch Tiegel oder andere Gefäße angefertigt, in denen einige metallurgische Processe ausgeführt werden, bei denen man genöthigt ist, das Brennmaterial von den zu behandelnden Stoffen abzusondern, deren man sich bei einigen metallurgischen Processen bedient.

3) Feuerfester Mörtel.

Welcher Art feuerfester Steine man sich auch zur Ofenmauerung bedient, so müssen dieselben meistentheils, besonders an Stellen, wo es auf eine vollkommene Dichtheit des Gemäuers ankommt, durch einen feuerfesten Mörtel verbunden werden. Dieser besteht in der Regel aus denselben Gemengen, aus denen die Thon- oder Sandsteine fabricirt werden. Kalkmörtel ist an Stellen, die einem hohen Hitzgrade widerstehen sollen, durchaus nicht anwendbar. Wird dagegen eine solche Dichtheit nicht erfordert, so ist sogenannte trockne Mauerung (ohne Mörtel) oft vollkommen ausreichend. Künstliche Sandsteine bedürfen nicht leicht eines Mörtels, da sie mit Leichtigkeit, durch gegenseitiges Aneinanderreiben, zum dichten Schließen gebracht werden können.

4) Feuerfeste lose Massen.

Diese bilden bei vielen metallurgischen Processen die feuerfesten Unterlagen für die geschmolzenen Substanzen. Sie pflegen aus Stoffen zu bestehen, welche bei einer Temperatur, wie sie bei dem betreffenden Schmelzprocesse erfordert wird, nicht zusammenschmelzen und auf das Schmelzgut vortheilhaft oder doch wenigstens nicht schädlich einwirken.

Gestübe. Eine der gewöhnlichsten Unterlagen ist das sogenannte Gestübe, ein Gemenge aus Holzkohlen- oder Koaks-Pulver und Thon oder Lehm. Man wendet hauptsächlich dreierlei Arten Gestübe an, nämlich 1) schweres Gestübe, bestehend aus 2 Mßthl. Thon und 1 Mßthl. Kohlenpulver, 2) mittleres Gestübe, gleiche Maaßtheile Thon- und Kohlenpulver, und 3) leichtes Gestübe, 1 Mßthl. des ersteren und 2 Mßthl. des letzteren.

Quarzsand, ausgelaugte Holzasche, Mergel (ein aus Thon und kohlensaurem Kalk bestehendes Gemenge), Knochenasche (gebrannte und gepulverte Knochen), mehr oder weniger gröblich zerstoßene Schlacken u. s. w. werden bei einigen Hüttenprocessen ebenfalls als feuerfeste Unterlagen benutzt.

B. Von den Oefen.

Nach gewissen hervorstehenden Eigenthümlichkeiten ihrer Construktion lassen sich die Oefen, welche bei den metallurgischen Processen angewendet

werden, in folgende vier Hauptklassen bringen: **Heerdöfen**, **Schachtöfen**, **Flammöfen** und **Gefäßöfen**. Diese Eintheilung ist zwar nicht scharf, da es Oefen giebt, bei denen es zweifelhaft bleibt, zu welcher von diesen Klassen sie zu rechnen seyen, aber dieselbe hat das Gute, hauptsächlich alle diejenigen Oefen zusammenzustellen, bei denen die erhitzende Einwirkung des Brennmaterials auf die betreffenden Erze oder metallurgischen Produkte auf einerlei Weise vor sich geht. In allen Heerd- und Schachtöfen wird nämlich, mit geringen Ausnahmen, das Brennmaterial mit den zu behandelnden Substanzen gemengt und wirkt also zum Theil durch unmittelbare Berührung; in den Flammöfen dagegen ist dasselbe von jenen Substanzen getrennt und wirkt nur durch seine Flamme auf dieselben ein; und in den Gefäßöfen endlich befinden sich die zu erhitzenden Stoffe in Gefäßen eingeschlossen, auf welche das Brennmaterial entweder durch unmittelbare Berührung oder vermittelst seiner Flamme einwirkt. — Bei einigen dieser verschiedenen Oefen sucht man die Verbrennung des Brennmaterials durch einen comprimirten Luftstrom lebhafter zu machen, welcher vermittelst einer sogenannten **Gebläse-Vorrichtung** (eines **Gebläses**) in den Ofen eingeblasen wird. Bei anderen Oefen bedient man sich solcher Gebläse-Vorrichtungen, um eine oxydirende Wirkung auf geschmolzene oder schmelzende metallische Massen auszuüben; und bei noch anderen Oefen hat man beide Zwecke zugleich vor Augen.

Eintheilung der Oefen.

1) Heerdöfen.

Heerdöfen oder **Heerde** nennt man alle entweder völlig offene, oder nur von zwei, selten von mehr als drei Seiten mit meist sehr niedrigen Einfassungswänden versehenen Feuerstätten. Es giebt Heerdöfen **ohne** und **mit Gebläse-Vorrichtung**.

Von den **Heerdöfen ohne Gebläse**, welche die einfachsten Apparate sind, in denen metallurgische Processe vorgenommen werden, wird es genügen zweierlei Arten zu beschreiben, nämlich **Röstheerde** und **Saigerheerde**.

Heerdöfen ohne Gebläse.

Ein **Röstheerd**, oder, wie man diese Vorrichtung auch nennt, eine **Stadel**, besteht aus drei niedrigen (etwa 2 — 3 Fuß hohen) Mauern, welche von drei Seiten einen rechteckigen, planirten Platz einschließen, der entweder mit Steinen gepflastert oder mit einer fest gestampften Gestübesohle versehen zu seyn pflegt. Zuweilen befindet sich auch an der gewöhnlich freien, vierten Seite eine Mauer, die dann aber durchbrochen ist, um den nöthigen Zugang in das Innere des Stadelraumes zu gestatten.

Röstheerde oder Stadeln.

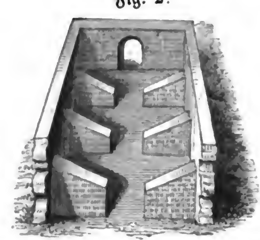
Röstbeerde oder Stadeln.

Fig. 1.



Fig. 1 zeigt zwei solcher Stadeln so dicht an einander gelegt, daß die eine der Mauern beiden gemeinschaftlich zur Einfassung dient. Häufig werden mehrere Stadeln auf diese Weise zu einer Stadelreihe vereinigt, und mitunter stellt man zwei solcher Reihen einander gegenüber und versieht sie mit einer höheren Umfassungsmauer, in welcher die nöthigen Thüröffnungen angebracht sind. Eine solche Vorrichtung stellt Fig. 2 dar.

Fig. 2.



Die Seitenwände der Stadeln sind hier an ihrem oberen Ende abgeschrägt, indem sie von der hohen Rückwand (der freien Seite gegenüber) nach vorn hin abwärts fallen. Die zugleich als Rückwand für die sämmtlichen Stadeln dienende Umfassungsmauer ist vorn als abgebrochen dargestellt, so daß nur die eine Thüröffnung, nicht aber die derselben gegenüberliegende gleichbeschaffene Oeffnung sichtbar ist. — Nicht selten sind die Stadelmauern, besonders die Rückwände, mit kleinen, einige Zolle im Geviert haltenden Oeffnungen versehen, zur Regulirung des beim Rösten nothwendigen Luftstromes. Bei Stadeln, welche zu einer Reihe verbunden sind, können sich diese Zugöffnungen natürlicherweise nur in der Rückwand befinden. — Die Stadelmauern werden fast stets aus Bruchsteinen, theils durch trockne, theils durch Mörtel-Mauerung aufgeführt. Zur Pflasterung des Stadelbodens, dessen Dimensionen im Allgemeinen sehr willkührlich sind, bedient man sich am zweckmäßigsten größerer Bruchstein-Platten, deren Fugen mit einem guten Mörtel verstrichen werden. Auch eine gemauerte Sohle aus Backsteinen (auf die hohe Kante gestellt) ist anwendbar.

Das Rösten in Stadeln.

Alle Stadeln dienen zum oxydirenden (meist oxydirend-verflüchtigenden) Rösten von Erzen und Hüttenprodukten. Das Rösten in Stadeln geschieht sehr einfach auf die Weise, daß man den Boden der Stadel mit einer Schicht Brennmaterial, dem sogenannten Rostbette, gewöhnlich Holz (gespaltenes und ungespaltenes Scheitholz, Reisig, Holzabfälle u. s. w.) oder Holzkohle (in größeren und kleineren Stücken) bedeckt, die zu röstenden Substanzen darüber schüttet und darauf ersteres in Brand setzt. Die Höhe der Brennmaterialschicht ist theils von der Beschaffenheit des Brennmaterials, theils von der Wirkung abhängig, die man durch dessen

Verbrennung zu erreichen strebt. Nicht selten sind die zu röstenden Substanzen von der Art, daß sie sich, bis zu einem gewissen Grade erhitzt, selbst entzünden und ohne Unterstützung durch anderweitige Hitze zu brennen (glimmen) fortfahren. Dies ist bei allen Schwefelmetallen der Fall, und zwar um so mehr, je mehr Schwefel sie enthalten und je leichter das mit dem Schwefel verbundene Metall oxydirbar ist; ferner auch bei allen bituminösen (bitumenreichen) Erzen. Hier bedarf es also nur einer geringen Quantität Brennmaterials, um den Röstproceß einzuleiten. Sollen dagegen z. B. Eisenerze (Magneteisenstein, Spatheisenstein u. s. w.) geröstet werden, so muß man, weil sich in denselben kein Stoff findet, der das Brennen unterhalten kann, eine stärkere Brennmaterialschicht anwenden. Die größten Stücke der zu röstenden Substanzen werden am besten dem Brennmaterial zunächst placirt, die kleineren darüber vertheilt, und mit den kleinsten bedeckt man die Oberfläche des ganzen von den Stadelwänden eingeschlossenen Haufens. — Um die Stadelwände zu ersparen, nimmt man an einigen Orten das Rösten in Gruben vor. Hierzu wird aber ein trockner Boden erfordert, wie er sich in der Regel nur an Stellen findet, die mehr oder weniger über dem gewöhnlichen Boden-Niveau erhaben sind. Da man übrigens doch oft genöthigt ist, die Wände solcher Gruben durch Mauerung haltbarer zu machen, und da die Herstellung des nöthigen Luftzuges bei dergleichen in den Erdboden vertieften Roststätten stets mit Schwierigkeiten verknüpft ist, so können die Vorzüge dieser Art des Röstens vor dem Rösten in Stadeln nur auf ganz lokalen Umständen beruhen. Man findet deswegen die Gruben-Röstung im Ganzen auch nur selten angewendet. Sehr häufig geschieht dagegen die Aufschichtung der Erze oder Hüttenprodukte auf Brennmaterial ohne alle Umfassungswände, nur auf einem planirten, mit einer Gestübe-, Thon- oder Schlackensohle versehenen Platze. Man nennt dies das Rösten in Haufen. Solche Haufen pflegen eine abgestumpft-pyramidale Gestalt zu haben und von bedeutend größeren Dimensionen zu seyn, als die Stadeln. Das Rostbette muß hier in der Regel mit größerer Sorgfalt gelegt und zuweilen auch mit horizontalen Kanälen versehen werden, durch welche die zum Verbrennen und Rösten nöthige Luft einströmen kann. Bei sehr großen Rösthaufen werden dann zugleich bei der Aufschichtung des Röstgutes (der zu röstenden Substanzen) senkrechte Kanäle ausgespart, die mit jenen horizontalen communiciren. Was von der Vertheilung der Röstgutstücke verschiedener Größe bei dem Rösten in Stadeln angeführt wurde, ist hier noch mehr zu beachten. Nicht selten pflegt man die Haufen mit einer mehr oder weniger dichten Decke von pulverförmigem Röstgute zu versehen; auch kann man mehr als eine Brennmaterialschicht, mit dazwischen befindlichen Röstgutschichten, anwenden, so wie zwischen dem Röst-

Das Rösten in Gruben.

Das Rösten in Haufen.

as Rösten in Haufen.

gute kleinere Brennmaterialstücke (Kohlen, Holzabfälle, Tannenzapfen u. s. w.) vertheilen. — Das Rösten in Stadeln ist im Allgemeinen mehr ökonomisch als das in Haufen, indem die Umfassungsmauern der Stadeln sowohl zu einem besseren Zusammenhalten der Wärme als auch zum Abhalten schädlicher Witterungseinflüsse dienen. Doch können hierbei lokale Umstände, so wie die Beschaffenheit der zu röstenden Substanzen den Ausschlag geben. — Die Röststätten, gleichviel ob Stadel-, Gruben- oder Haufen-Röststätten, mit einer Bedachung zu versehen, ist oftmals versucht worden, hat aber meist keine guten Resultate geliefert, theils weil dadurch alle atmosphärische Feuchtigkeit, welche ein allzu lebhaftes Brennen des Röstgutes verhindert, abgehalten wird, theils weil sich, wenn sich schädliche Gase (wie schweflichte Säure, arsenichte Säure u. s. w.) entwickeln, diese nicht schnell genug abgeführt werden, und daher den betreffenden Arbeitern den nöthigen Aufenthalt bei den Roststätten sehr beschwerlich machen. Ueberdies sind auch solche Bedachungen, wenn sie nicht sehr zweckmäßig construirt sind, leicht dem Verbrennen und anderweitiger Zerstörung ausgesetzt.

Da das Brennmaterial bei diesen drei angeführten Arten des Röstens mit dem Röstgute in unmittelbare Berührung kommt, und da die durch die unvollkommene Verbrennung des ersteren sich entwickelnden Gase (Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Wasserstoff, Wasserdampf u. s. w.) ihren Weg durch die Zwischenräume der zu röstenden Substanzen nehmen müssen, so ist es klar, daß die Wirkungen einer solchen oxydirenden Röstung hierdurch mehr oder weniger modificirt werden müssen, worauf bereits im ersten Abschnitte aufmerksam gemacht wurde, als von der Röstung im Allgemeinen die Rede war. Die oxydirende Röstung wird dadurch, daß die an dem untern Theile des Rosthaufens (beim Rostbette) eindringende und durch die Zwischenräume des Rostgutes aufsteigende atmosphärische Luft mit jenen, meist reducirend wirkenden Gasarten vermischt ist, offenbar erschwert und verzögert; allein die Gegenwart der letzteren gewährt andererseits auch den Vortheil, daß, bei der Röstung von Schwefel- und Arsenik-Metallen, die Bildung gesäuerter Schwefel- und Arsenik-Verbindungen mehr oder weniger verhindert wird. Setzt man also die Röstung, bei Anwendung einer zweckdienlichen Temperatur, nur lange genug fort, so geschieht dieselbe unter solchen Umständen jedenfalls vollständiger, als wenn der durch das Röstgut aufsteigende Luftstrom keine desoxydirenden Gase enthält.

Saigerheerde.

Die Saigerheerde dienen zum Ausschmelzen (Absaigern) des silberhaltigen Bleies von der weniger silberhaltigen, aus etwa 1 Gwthl. Blei und 3 Gwthl. Kupfer bestehenden Legirung, von welcher bei der extrahirenden Schmelzung (s. d. im ersten Abschnitte) die Rede war. Gewöhnlich

wendet man das Gemenge beider Legirungen in Form von runden Scheiben an, von denen man eine Anzahl so auf den Saigerheerd stellt, daß sie zusammen einen fast horizontal liegenden Cylinder bilden.

Saigerheerde.

Fig. 3.



Der Saigerheerd selbst besteht aus drei Umfassungsmauern, nämlich den beiden Saigerbänken, *a*, *a*, Fig. 3, und einer hohen Rückwand. Die Saigerbänke sind in der Art gegen einander geneigt, wie die Zeichnung andeutet, und auf ihren oberen Seiten mit zwei eisernen Platten von gleicher Inklination, den Saigerscharten, bedeckt, welche einen Spalt zwischen sich offen lassen. Von den Saigerbänken und der Rückwand wird die Saigergasse eingeschlossen, deren mit Eisen- oder Steinplatten belegter Boden nach vorn hin abschüssig und in der Mittellinie vertieft ist. Die Saigergasse mündet in die Bleigrube *b* aus. Die vorgedachte Reihe der Legirungs-Scheiben, der sogenannten Saigerstücke, wird so auf die Saigerscharten gestellt, daß die Mittelpunkte aller Scheiben senkrecht über der Saigergasse zu liegen kommen. Doch dürfen sich die Scheiben nicht berühren, sondern sie werden, durch zwischengesteckte Eisenstücke oder dgl., so weit von einander entfernt gehalten, daß das Brennmaterial hinreichenden Platz zwischen ihnen hat. Zugleich umgiebt man die Saigerstücke auch von den anderen Seiten mit Brennmaterial, und sucht solches durch zwei oder drei oblonge Eisenbleche, Saigerbleche, zusammenzuhalten, welche man auf die Saigerscharten stellt. Das durch die Erhitzung flüssig gewordene silberhaltige Blei tröpfelt in die Saigergasse, in welcher man es durch eingelegte glühende Kohlen vor dem Erstarren beschützt, und sammelt sich in der Bleigrube an.

Auf einigen Hüttenwerken findet man zwei Saigerheerde auf die Weise mit einander verbunden, wie Fig. 4 zeigt.

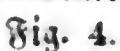
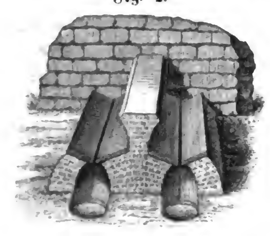


Fig. 4.



Man erspart hierbei zwei Saigerbleche, indem die beiden Heerden gemeinschaftliche Scheidewand zum Zusammenhalten des Brennmaterials benutzt wird. — Da die Saigerheerde keine hohe Temperatur auszuhalten haben, so wird zur Erbauung der Saigerbänke und der Rückwand auch kein besonders feuerfestes Material erfordert.

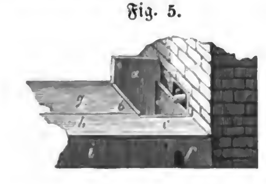
Heerdöfen mit Gebläse.

Heerdöfen mit Gebläse werden bei einigen der wichtigsten metallurgischen Processe angewendet, nämlich beim Frischen des Eisens, beim Gaarmachen des Kupfers und beim Feinbrennen des Silbers, in allen drei Fällen also bei oxydirenden Schmelzungen, welche die Reinigung der betreffenden Metalle von beigemischten fremden Bestandtheilen zum Zwecke haben.

Frischheerde.

Ein **Eisenfrischheerd**, auch **Frischheerd** oder **Frischfeuer** genannt, besteht hauptsächlich in einem niedrigen Mauerwerke, dem **Heerdgemäuer**, in welchem eine parallelepipedische, mit eisernen Platten ausgefütterte Vertiefung, die **Heerdgrube** oder **Feuergrube**, angebracht ist, die zum Einschmelzen des zu verfrischenden (oxydirend zu schmelzenden) Eisens dient. Theils um diese oxydirende Wirkung in möglichst hohem Grade hervorzubringen, theils um den erforderlichen Hitzgrad zu erreichen, geschieht das Einschmelzen mit Anwendung eines kräftigen Gebläsestromes.

Fig. 5.



a, *b*, *c*, *a* sind vier gußeiserne Platten, **Zacken** oder **Frischzacken** genannt, welche die Wände der Heerdgrube bekleiden. Dieselben haben folgende technische Namen: *a*, der **Hinterzacken** oder **Aschenzacken** *b*, der **Gichtzacken**, *c*, der **Schlackenzacken**, *d*, der **Formzacken**. Der Boden der Heerdgrube, **Frischboden**, ist mit einer fünften eisernen Platte, der **Bodenplatte**, belegt. Von den vier erstgenannten Platten pflegt, aus gewissen technischen Gründen, nur der Schlackenzacken senkrecht zu stehen. Der Formzacken neigt sich mit seinem oberen Theile um einige Grade in die Heerdgrube, und der Gichtzacken und Hinterzacken haben eine solche nach außen gehende Neigung. Der letztere ragt gewöhnlich um einige Zolle über die drei anderen Einfassungsplatten hervor, theils zum besseren Zusammenhalten des Brennmaterials, theils um zu verhindern, daß Asche und andere Unreinigkeiten, welche sich an der hinteren Seite des Heerdes anzusammeln pflegen, in die Heerdgrube fallen. Bei einigen Frischheerden ist der Hinterzacken nicht höher als die übrigen Zacken; in diesem Falle pflegt aber eine eiserne Platte auf denselben aufgesetzt zu seyn, die dann vorzugsweise den Namen **Aschenzacken** führt. *e* ist eine Vorrichtung von Eisen oder Kupfer, die sogenannte Form, deren nähere Construktion Figur 6 angiebt.

Dieselbe hat einen planen Boden, über welchem ein conisches Gewölbe ausgespannt ist. Die Dimensionen einer solchen Form sind durch die

Frischheerde.

Länge derselben und durch die Radien der vorderen und hinteren halbkreisförmigen Oeffnungen bestimmt. In der Form *f* liegt eine conische Röhre, die Düse *d*, durch welche der vorgedachte Luftstrom vermittelst des Gebläses in die Heerdgrube gepreßt wird *). Die obere Fläche der Heerdmauer ist mit zwei eisernen Deckplatten, *g* und *h* (Fig. 5), belegt; die vordere derselben heißt Schlackenplatte. Zum Ablassen (Abstechen) der im Frischheerde überflüssig vorhandenen Schlacke ist der Schlackenzacken entweder mit einem größeren senkrechten Schlitze oder mit einer senkrechten Reihe kleinerer Löcher versehen, die durch Kohlenstaub (Kohlenlösche), Gestübe oder dergl. verschlossen gehalten werden. Durch Einführung eines eisernen Spießes, des Schlackenspießes, in das in der Vorheerdplatte befindliche Schlackenloch *f* kann man dieselben öffnen und das Abfließen einer größeren oder geringeren Quantität Schlacke bewirken. Bei einigen Frischheerden fehlt der Schlackenzacken, und anstatt dessen ist entweder ein an zwei Seiten offener, spitz zulaufender eiserner Kasten angebracht, dessen größere Oeffnung der Heerdgrube zugewendet ist, und dessen kleinere in *f* ausmündet, oder die Vorheerdplatte bildet die vordere Wandung der Heerdgrube, so daß also, außer dem Schlackenzacken, auch die Schlackenplatte fehlt. — Um die Bodenplatte, welche, im Verlauf des Frischprocesses, leicht so heiß wird, daß sich das eingeschmolzene Eisen daran festsetzt, von Zeit zu Zeit abkühlen zu können, ist es zweckmäßig dieselbe hohl zu legen, d. h. unmittelbar unter derselben einen Raum, das sogenannte Tümpelloch, durch Mauerung einzufassen, in den man, durch irgend eine einfache Vorrichtung, Wasser einlassen kann. — Unter Länge des Heerdes versteht man die Entfernung zwischen Schlackenzacken und Hinterzacken, und unter Breite desselben die Entfernung des Formzackens vom Gichtzacken.

Fig. 6.



Ein jeder Frischheerd ist mit einem Rauchmantel (Rauchfang) versehen, welcher die durch Verbrennung des Brennmaterials gebildeten Gase in sich aufnimmt und einer Esse zuführt. Häufig legt man zwei Frischheerde unter einen Rauchmantel, und bedarf in diesem Falle also auch nur einer Esse. Zwei auf solche Weise mit einander verbundene Frischheerde zeigt Fig. 7, a, b, c

---

*) Diese einfache Vorrichtung, Form und Düse, ist bei allen mit einem Gebläse versehenen Oefen angebracht. Die eben mitgetheilte kurze Beschreibung derselben wird genügen, bis im vierten Abschnitte, bei den Gebläsen, ausführlicher davon gehandelt werden wird.

Frischheerde.

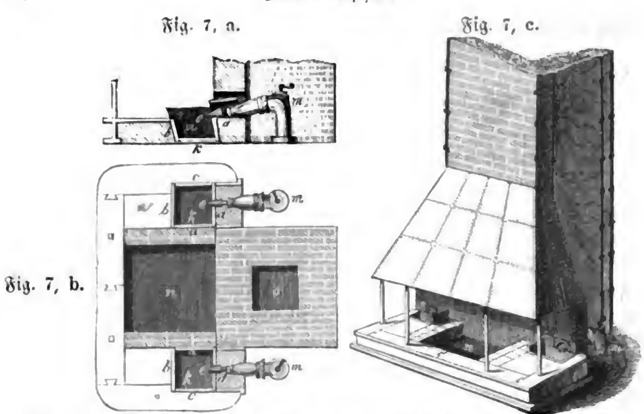


Fig. 7, a. Fig. 7, c. Fig. 7, b.

Fig. 7, a ist der senkrechte Durchschnitt eines dieser Frischheerde, Fig. 7, b der Grundriß und Fig. 7, c die perspectivische Ansicht von beiden. Gleiche Buchstaben bezeichnen bei diesen Figuren gleiche Theile. *a*, Aschenzacken; *b*, Gichtzacken; *c*, Schlackenzacken; *d*, Formzacken; *e*, Form (welche hier in einem an zwei Seiten offenen Kasten, dem Formkasten oder Formhause, liegt); *k*, Bodenplatte; *m*, Windleitungsröhre, durch welche die Gebläseluft in die Düse gelangt; *n*, Aschenraum, eine parallelepipedische Vertiefung, in die man, beim Reinigen der Heerdgrube, die Brennmaterial-Abfälle wirft; *o*, Esse.

Gaarheerde.

Ein **Kupfergaarheerd** oder **Gaarheerd** unterscheidet sich von einem Eisenfrischheerde hauptsächlich durch die Beschaffenheit der Heerdgrube. Während dieselbe bei letzterem parallelepipedisch und mit eisernen Platten ausgefüttert ist, hat sie bei ersterem eine concave Form, und ihre Wände sind entweder aus schwerem Gestübe oder aus Thon geschlagen.

Fig. 8, a. Fig. 8, b.

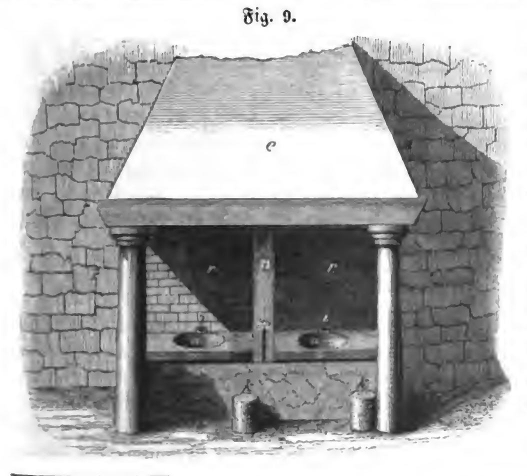
Fig. 8, a ist eine perspectivische Ansicht und Fig. 8, b ein senkrechter Durch-

Gaarheerde.

schnitt eines solchen Heerdes. *a* ist die concave Heerdgrube, deren Wände durch die Gestübe- oder Thonmasse *b* gebildet werden, welche auf eine als Unterlage dienende eiserne Platte *c* in eine parallelepipedische Vertiefung des Mauerwerks eingestampft ist. Das erhöhte Heerdgemäuer *d*, welches die Heerdgrube theilweise umgiebt, hat hauptsächlich den Zweck, das Brennmaterial zusammenzuhalten. Diese Einrichtung findet sich nicht bei allen Gaarheerden, sondern es sind entweder einfache Vorrichtungen anderer Art zu demselben Zwecke angebracht oder deren keine vorhanden. Die Thür *s* dient, wenn sie geschlossen ist, ebenfalls zum Zusammenhalten des Brennmaterials. Sollen aber gewisse Manipulationen mit dem im Heerde befindlichen Kupfer vorgenommen werden, so wird sie geöffnet. *o* ist eine eiserne Platte, mit welcher ein Theil der oberen Heerdfläche belegt ist; *i*, die Form, in welcher die Düse liegt. Unter dem Heerdgemäuer pflegen ein Paar ausgemauerte Kanäle, sogenannte Abzüchte, angebracht zu seyn, aus denen sich hier etwa ansammelnde Feuchtigkeit leicht einen Ausweg finden kann *).

In einiger Entfernung über dem Heerde befindet sich ein Rauchmantel, wie aus Fig. 9 ersichtlich ist, in welcher zwei Gaarheerde mit einem gemeinschaftlichen Rauchmantel versehen sind. *a*, *a*, die beiden Heerdgruben; *i*, *i*, die Formen; *r*, *r*, die Rückwand (Brandmauer), in welcher die Formen liegen; *o*, *o*, die eisernen Deckplatten; *n*, eine Scheidewand, durch welche der Raum über den Heerden getheilt wird, und in deren unterem Theile eine

Fig. 9.

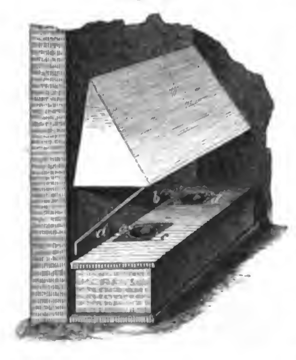


*) Solche Kanäle, von sehr verschiedener Größe, deren Decke entweder aus Steinen gewölbt, oder durch Eisen- oder Steinplatten gebildet wird, sind fast unter jedem Ofen angebracht. Häufig läßt man zwei solcher Kanäle sich unter einem rechten Winkel schneiden, so daß der Mittelpunkt des Kreu-

Gaarheerde. länglich viereckige Oeffnung angebracht ist, die durch den Schieber *m* geschlossen werden kann. Dieser Schieber wird in der Regel nur herausgezogen, wenn Brennmaterial oder dergleichen von dem einen Heerde zum andern gebracht werden soll. *k*, *k*, zwei Holzklötze, auf welche, gegen das Ende des Gaarprocesses, mit Wasser gefüllte Eimer gestellt zu werden pflegen. Auf die Oberfläche des oxydirend geschmolzenen und dadurch hinreichend gereinigten Kupfers wird nämlich Wasser gesprengt, wodurch man die Bildung einer erstarrten Kupferscheibe bewirkt. Sobald dieselbe von der erforderlichen Dicke ist, wird sie abgehoben, darauf, durch abermaliges Besprengen mit Wasser, eine neue gebildet, und so fort, bis die ganze Masse des eingeschmolzenen Kupfers auf diese Weise in Scheiben verwandelt worden ist. Man nennt diese Operation das Scheibenreißen.

Feinbrennheerde. Ein Silber-Raffinirheerd, Silber-Feinbrennheerd oder Feinbrennheerd hat viel Aehnlichkeit mit einem Gaarheerde. In der Fig. 10 sind zwei unter einem gemeinschaftlichen Rauchmantel angebrachte Feinbrennheerde dargestellt.

Fig. 10.



a und *b* sind die beiden Formen, *c* und *d* die Heerd- oder Testgruben, in welche die Teste eingesetzt sind. Ein solcher Test besteht entweder aus einer gußeisernen Schaale oder aus einem flachen cylinderförmigen Gefäße von Eisenblech, worin sich die Testmasse befindet. Diese kann ausgelaugte Holzasche, Knochenasche oder Mergel seyn. Sie wird sehr fest in die Testschaale oder Testschüssel eingestampft, und zwar auf die Weise, daß ihre Oberfläche eine Concavität bildet, die dem einzuschmelzenden Silber hinreichenden Raum gestattet. Der fertige Test wird in die Testgrube auf eine Unterlage von Sand gesetzt und zugleich aller freie Raum zwischen ihm und den Wänden der Testgrube mit Sand ausgefüllt. — Die Testmasse soll, bei der oxydirenden Schmelzung des durch Blei und andere Stoffe verunreinigten Silbers, nicht bloß eine feuerfeste Unterlage bilden, sondern sie soll zugleich vermittelst ihrer bei höherer Temperatur nicht veränderten Porosität die Oxyde der fremden Metalle in sich aufnehmen, welche von dem Bleioxyde zu einer leichtflüssigen Schlacke aufgelöst worden sind.

zes etwa unter dem Centrum des Ofens liegt. Diese Abzüchte heißen Kreuz-Abzüchte.

2) Schachtöfen.

»Schacht« nennt der Bergmann bekanntlich jede im Gebirgsgestein oder Erdboden durch Kunst hervorgebrachte Vertiefung von verhältnißmäßig geringen horizontalen Dimensionen, deren Wände mehr oder weniger senkrecht sind und mindestens so weit von einander entfernt stehen, daß sie das Auf- und Absteigen eines Menschen innerhalb derselben gestatten. Den in diesem Abschnitte zu betrachtenden Oefen hat man den Namen »Schachtöfen« beigelegt, weil sie einen von Gemäuer umschlossenen, nach oben unbedeckten Raum enthalten, welcher Aehnlichkeit mit einem Schachte besitzt. Dieser Raum, Schachtraum oder auch kurzweg Schacht genannt, dient entweder zur Aufnahme der zu erhitzenden Substanz allein, oder zur Aufnahme dieser und des Brennmaterials zugleich. Im ersteren Falle befindet sich das Brennmaterial außerhalb des Schachtraumes, während die Flamme desselben in den Schacht geleitet wird; im letzteren Falle werden beide Stoffe (Brennmaterial und die zu erhitzende Substanz) schichtweise übereinander gelegt oder auch gemengt angewendet. Die zum Verbrennen des Brennmaterials, zuweilen auch zu anderen Zwecken erforderliche atmosphärische Luft tritt am unteren Theile des Schachtraumes ein, steigt hier durch die Zwischenräume des Brennmaterials und der zu erhitzenden Substanz in die Höhe und gelangt durch den oberen Theil des Schachtes, die sogenannte Gicht, wieder in's Freie. Die Zuströmung dieser den Verbrennungs-Proceß unterhaltenden Luft ist bei einigen Schachtöfen nur eine Folge des Zuges, d. h. des freiwilligen Emporsteigens der erwärmten Luft; bei den mehrsten Schachtöfen aber wird dieser Luftwechsel, der größeren Lebhaftigkeit wegen, durch ein Gebläse bewirkt

a) Schachtöfen ohne Gebläse.

Die Schachtöfen ohne Gebläse oder Zug-Schachtöfen dienen niemals zur Schmelzung, sondern stets zur Röstung oder doch zu ähnlichen Zwecken*). Ganz besonders sind es Eisenerze, welche in solchen Oefen abgeröstet werden, seltener Kupfererze und noch seltener Silber- und Bleierze.

Einen Stadel-Röstofen, welcher sich von einer gewöhnlichen Stadel-Vorrichtung hauptsächlich nur dadurch unterscheidet, daß er auch von der vierten, bei einer gewöhnlichen Stadel offenen Seite durch eine Mauer begrenzt ist, zeigt die folgende Figur.

---

*) Eine Ausnahme hiervon macht der Marmont'sche Schachtofen, welcher vor mehreren Jahren zu Neuberg in Steiermark erbaut wurde, um versuchsweise darin Eisenerze zu schmelzen. Der Versuch gab inzwischen kein günstiges Resultat.

Fig. 11, a.

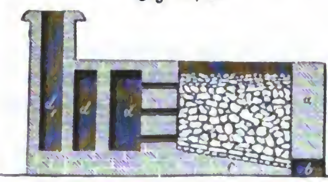
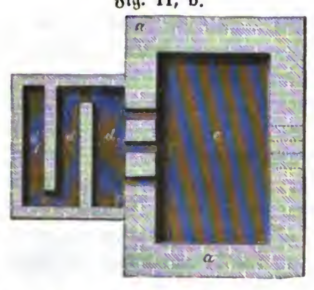


Fig. 11, b.



In Fig. 11, *a* ist der senkrechte, in Fig. 11, *b* der Horizontal-Durchschnitt dieses Ofens abgebildet. *a*, das Umfassungs-Gemäuer; *b*, *b*, zwei durch die Zwischenwand *f* getrennte Oeffnungen, zum Einströmen der nöthigen atmosphärischen Luft in den Schachtraum; *c*, eine gemauerte geneigte Sohle, auf welcher das Brennmaterial und darüber das zu röstende Erz liegt. Für den Fall, daß letzteres hauptsächlich aus Schwefelmetallen oder doch aus Substanzen besteht, bei deren Röstung condensable nutzbare Stoffe, wie z. B. Schwefel, arsenichte Säure u. s. w. verflüchtigt werden, sind zur Seite des Schachtes Condensations-Kammern angebracht, welche, wie aus der Zeichnung zu ersehen, durch einige horizontale Kanäle mit dem Schachtraume communiciren. Die verbrannte Luft tritt, zugleich mit einem Theile der nicht condensirten verflüchtigten Stoffe, theils aus der Esse *d*, theils durch den oberen Theil des Schachtes, in's Freie. — Nach jedesmaligem Abrösten des im Schachte befindlichen Erz-Quantums muß der Röst-Proceß unterbrochen, das abgekühlte gutgeröstete Erz heraus- und ein neues Quantum rohen Erzes auf eine frische Holz-Unterlage hereingeschafft werden.

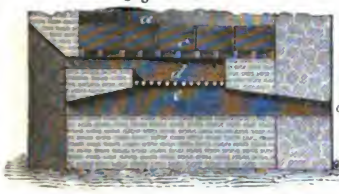
Ein Schwedischer Eisenerz-Röstofen, wie derselbe auf mehreren Schwedischen und Norwegischen Hüttenwerken angewendet wird, ist in der folgenden Figur skizzirt.

Fig. 12, *a* und Fig. 12, *b* sind beides senkrechte Durchschnitte des Ofens. Die erste Figur stellt den Vertikal-Durchschnitt des ganzen Ofens, und die andere Figur den des unteren Theiles desselben vor; beide Durchschnitte stehen rechtwinklig gegen einander. *a*, der Schachtraum, welcher mit Eisenerzstücken ausgefüllt wird. Der obere Theil desselben ist, wie aus der Figur erhellt, abgestumpft konisch und der untere hat eine cylindrische Gestalt. Die Schachtwände bestehen aus hinreichend feuerfesten Bruchsteinen. *d*, der in horizontaler Richtung durch den Ofen laufende Feuerungsraum. Den Boden desselben bildet der Rost, d. h. eine aus mehreren mit einander

Fig. 12, a.



Fig. 12 b.



parallel liegenden eisernen Stäben bestehende Vorrichtung, auf welche das Brennmaterial (Holz) gelegt wird, und durch deren Zwischenräume die Asche in den Aschenfall *e* fällt. Als Bedachung des Feuerungsraumes dienen mehrere dicht an einander gelegte massive Gußeisenstücke, wegen ihrer (nach oben in eine Kante auslaufenden) Gestalt »Schweinerücken« (Griseryg) genannt. Diese Gußeisenstücke ruhen aber nicht unmittelbar auf den gemauerten Seitenwänden des Feuerungs-Raumes, sondern auf kleineren Eisenstücken, die, wie die Figur zeigt, Zwischenräume lassen, durch welche die Flamme des Brennmaterials in den Schachtraum gelangt. *b*, *b*, zwei einander gegenüberliegende Oeffnungen, Zieh-Oeffnungen, aus denen das gutgeröstete Erz, indem man es auf den schief liegenden eisernen Platten, *f*, *f*, mittelst einfacher Geräthschaften leicht zum Gleiten bringt, aus dem Ofen gezogen wird. Die vorgedachte Gestalt der sogenannten Schweinerücken trägt ebenfalls zur Erleichterung dieses Ausziehens bei. Das auf solche Weise entfernte geröstete Erz wird durch ungeröstetes ersetzt, welches man von oben in den Schachtraum füllt. Der Aschenfall ist mit zwei einander gegenüberliegenden Oeffnungen, Zug-Oeffnungen, *o*, *o*, versehen, die sowohl zum Eintritt der zum Verbrennen des Brennmaterials nöthigen Luft als zum Ausziehen der zu sehr angehäuften Asche dienen. Auch der Feuerungsraum mündet, wie man in Fig. 12, *b* wahrnimmt, in eine Oeffnung, Schür-Oeffnung oder Schürloch, aus, durch welche geschürt, d. h. das Brennmaterial in den Feuerungsraum gebracht wird. Die Schür-Oeffnung ist mit einer eisernen Thür versehen.

In einigen dieser Oefen hat der Feuerungsraum zwei solche, einander gegenüberliegende Oeffnungen.

Einen Eisenerz-Röstofen mit cylindrisch-conischem Schachte stellt Fig. 13, *a*. *b* dar, (*a*) im Vertikal-Durchschnitt nach der Linie *CD* und (*b*) im Horizontal-Durchschnitt nach der Linie *AB*.

Fig. 13, a.

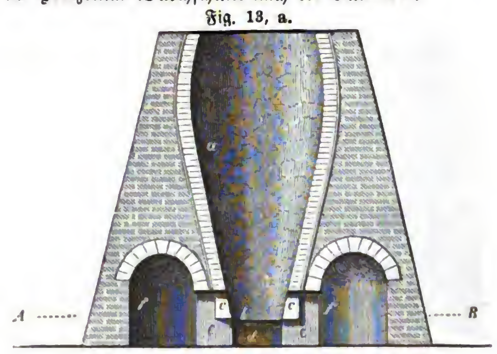
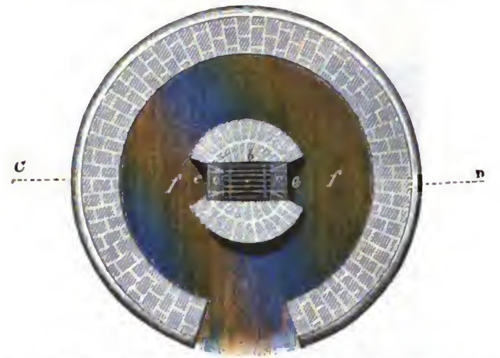


Fig. 13, b.



Der obere Theil des Schachtraumes *a* hat eine annähernd cylindrische, eigentlich abgestumpft conische Form, da der obere Durchmesser des Cylinders etwas kleiner ist als der untere. Durch eine elliptische Krümmung verläuft sich dieser annähernd cylindrische Theil des Schachtes in einen abgestumpft conischen, dessen unterer Durchmesser um ein Mehrfaches kleiner als der obere ist. Die Schachtwände bestehen zunächst dem Schachtraume aus einer Mauerschicht von feuerfesten Thonsteinen, dem Schachtfutter. Zwischen diesem und dem aus Bruchsteinen gebildeten äußeren Gemäuer,

Rauhgemäuer oder Mantel, ist ein schmaler Raum gelassen, welcher mit kleinen Ziegelstücken, der Füllung, ausgefüllt ist. Diese Füllung hat verschiedene Zwecke, von denen bei der Beschreibung der Schachtöfen mit Gebläse (besonders bei den Eisen-Hohöfen) die Rede seyn wird. *b* ist ein Rost, durch dessen Zwischenräume atmosphärische Luft in den Ofen strömt und die Verbrennung des mit Erzstücken gemengten Brennmaterials im Schachte unterhält. Das gutgeröstete Erz wird durch die Ziehöffnungen *c, c* in die Räume *e, e* gezogen und von hier durch die überwölbten Gänge *f, f* zur Abkühlung in's Freie geschafft. *d*, der Aschenfall, in welchem sich, außer der Asche, eine beträchtliche Menge Erzpulver ansammelt. — In diesem Röstofen, wie im vorigen, geschieht das Rösten, so lange der Ofen im Stande ist und keine anderen Umstände die Einstellung der Arbeit nothwendig machen, unausgesetzt, indem das durch die Ziehöffnungen entfernte abgeröstete Erz sogleich wieder durch Nachfüllen rohen Erzes und frischen Brennmaterials ersetzt wird.

Fig. 14, a.

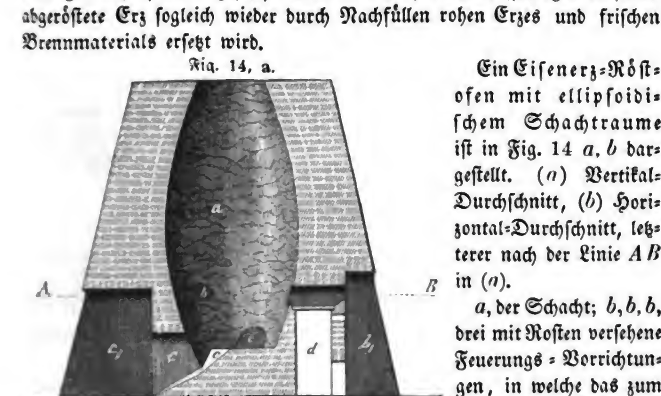
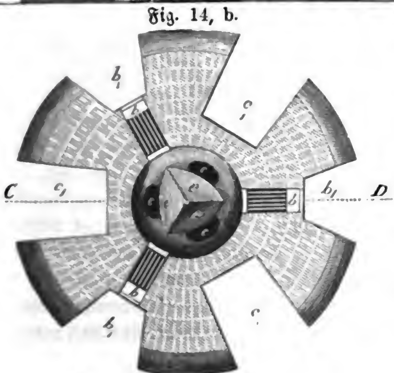


Fig. 14, b.



Ein Eisenerz-Röstofen mit ellipsoidischem Schachtraume ist in Fig. 14 *a, b* dargestellt. (*a*) Vertikal-Durchschnitt, (*b*) Horizontal-Durchschnitt, letzterer nach der Linie *AB* in (*a*).

a, der Schacht; *b, b, b*, drei mit Rosten versehene Feuerungs-Vorrichtungen, in welche das zum Rösten erforderliche Brennmaterial (Holz, Steinkohlen, Braunkohlen oder Torf) gelegt wird. Unter jedem Roste befindet sich ein hoher Aschenfall *d*. Die Flamme des Brennmaterials tritt aus allen drei Feuerungs-Vorrichtungen in den Schachtraum, in welchem sich das Erz (zuweilen mit einer geringen

Quantität wohlfeilen Brennmaterials gemengt) befindet. c, c, c, drei Zieh-öffnungen, gegen welche, um das Erz-Ziehen zu erleichtern, die drei geneigten Ebenen e, e, e abfallen; c_1, c_1, c_1, drei überwölbte Räume, in welche die Ziehöffnungen ausmünden; b_1, b_1, b_1, drei andere, ähnliche Räume, welche mit den Aschenfällen communiciren. —

(b Schachtöfen mit Gebläse.

Alle Schachtöfen, in denen eine bis zur vollkommnen Schmelzung der betreffenden Erze oder Hüttenprodukte gesteigerte Hitze hervorgebracht werden soll, müssen mit einem Gebläse versehen sein. Je nachdem solche Gebläse-Schachtöfen zur Zugutemachung der Eisen-, Kupfer-, Silber-, Blei- oder Zinnerze angewendet werden, ist ihre Construktion eine sehr verschiedene; besonders aber unterscheiden sich die zur Verschmelzung der erstgenannten Erze erforderlichen Schachtöfen so wesentlich von den übrigen, daß es nothwendig erscheint, dieselben in einem besonderen Abschnitte zu behandeln. Die Verschiedenheit in der Construktion dieser Oefen ist hauptsächlich darin begründet, daß die Eisenerze zu ihrer Reduktion und Verschmelzung einer bedeutend höheren Temperatur und einer längeren Einwirkung der reducirenden Gasarten bedürfen, als dies bei den anderen genannten Erzen der Fall ist. —

α) Gebläse-Schachtöfen zur Zugutemachung der Eisenerze.

Dieselben zerfallen hauptsächlich in zweierlei Arten, nämlich 1) in Eisen-Hohöfen und 2) in Blau-Oefen.

Ein Eisen-Hohofen, gemeiniglich kurzweg Hohofen oder Hochofen genannt, hat im Wesentlichen eine Construktion, wie die folgende Figur angiebt.

Der Schachtraum a, b (so weit derselbe von der im Bilde angedeuteten doppelten Steineinfassung umgeben wird) zerfällt in drei Haupttheile, nämlich in den eigentlich so genannten Schacht a, in die Rast b und in den Kohlensack, d. h. denjenigen Raum, welcher zwischen Schacht und Rast, also gerade da liegt, wo der Schachtraum seinen größten Durchmesser besitzt. Im gegenwärtigen Falle reducirte sich also der Kohlensack zu einer mathematischen Ebene; gemeiniglich rechnet man aber noch den bis zu etwa 1 Fuß über und 1 Fuß unter dieser Ebene liegenden Raum dazu. Bei vielen Hohöfen sind die Grenzen des Kohlensackes gegen Schacht und Rast schärfer hervorgehoben, indem sich zwischen beiden kegelförmigen Räumen ein cylindrischer von etwa 2 Fuß Höhe befindet. Die obere Ausmündung des Schachtes, welche meist noch, wie auf der Zeichnung angedeutet, mit einem Schutzgemäuer umgeben und stets mit einer ringförmigen eisernen Platte belegt ist, heißt die Gicht. Unterhalb der Rast liegt das parallele-

pipedische **Gestell** *c*, in welchem die **Formen** *d*, d. h. die mit Eisen oder Kupfer ausgefütterten Oeffnungen angebracht sind, durch welche die Gebläseluft in den Ofen strömt. In den Formen liegen nämlich die **Düsen**, konische Metallröhren, welche mit dem Gebläse in Verbindung stehen. Ein Hohofen kann mit nur einer Form, aber auch mit 2 bis 3 derselben versehen seyn. Im zweiten dieser Fälle sind die Formen so angebracht, wie der horizontale Durchschnitt Fig. 15, *b* zeigt. Von *D* her strömt der aus dem Gebläse kommende Wind durch eine eiserne Röhrenleitung, welche sich, wenn sie das äußere Ofengemäuer erreicht hat, in zwei Arme theilt, von denen ein Arm direct in die eine Düse, und der zweite Arm auf einem Umwege in die zweite Düse mündet. Man pflegt den Theil des Gestells, welcher über dem Form-Niveau liegt, von dem unter letzterem befindlichen zu unterscheiden; ersterer wird **Obergestell**, letzterer **Untergestell** genannt.

Fig. 15, a.

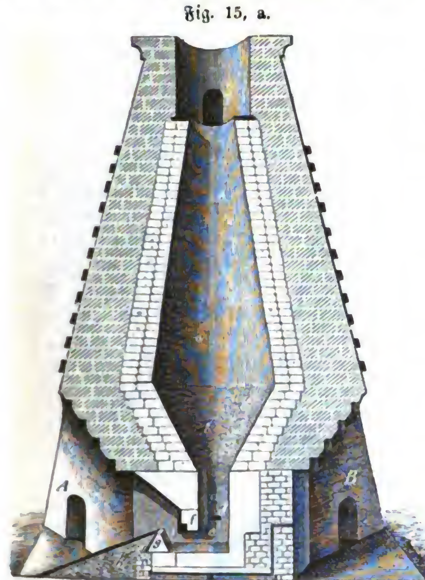
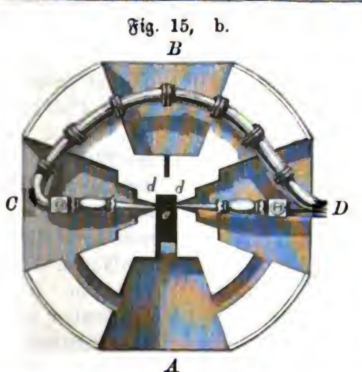


Fig. 15, b.



Dem Untergestelle schließt sich der zum Sammlungsraume für das geschmolzene Roheisen bestimmte **Heerd** *e* an. Ueber demselben ist ein großer, quer darüber laufender **Stein**, der **Tüm**-

pelstein oder Tümpel angebracht, der an seiner vorderen Unterkante dem Tümpeleisen (auf der Zeichnung durch ein kleines schwarzes Quadrat angedeutet) Platz läßt, an welches sich eine senkrecht stehende Eisenplatte, das Tümpelblech, lehnt, durch welche zwei Vorrichtungen der Tümpelstein gegen Beschädigungen von vorn her beschützt ist. Der Wallstein *g* schließt den Heerd an seiner vorderen Seite, jedoch nicht völlig, indem ein Spalt zwischen ihm und der einen Seitenmauer (Backe) des Heerdes offen bleibt, der mit Gestübe (Lehm und Kohlenpulver) ausgerammelt, und in welcher Masse der Stich oder das Stichloch, d. h. die Zapföffnung zum Ausfließen für das geschmolzene Roheisen angebracht wird. Derjenige Theil des Heerdes, welcher zwischen dem Wallstein und einer vom Tümpeleisen gefällten Senkrechten liegt, wird gewöhnlich unter dem Namen Vorheerd verstanden. *h* ist ein wallförmiger, mit einer Eisenplatte belegter Ansatz, der aber nur etwa das eine Drittel des zwischen dem Gemäuer freigelassenen Raumes einnimmt. Man nennt diese Vorrichtung die Schlackentrift, weil die über das

Fig. 15, a.

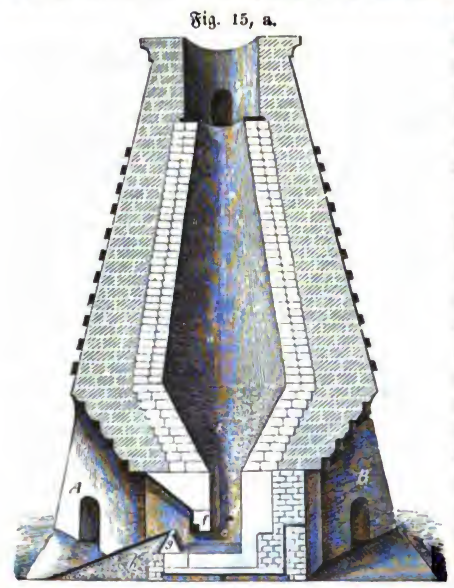
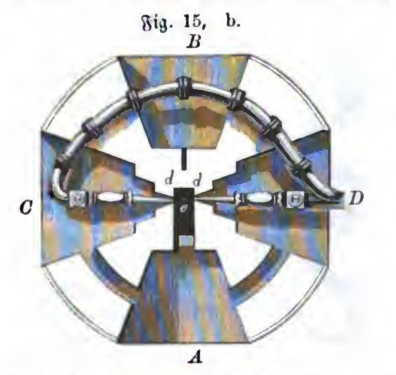


Fig. 15, b.



Niveau des Heerdes anwachsenden Schlacken über dieselbe hinwegfließen oder mittelst Werkzeugen auf diesem Wege abgezogen werden. *A* nennt man die Arbeitsseite, weil hier alle Arbeiten des Schlackenziehens, Abzapfens u. s. w. verrichtet werden; *B* ist die Hinter- oder Rückseite und *C*, *D* sind die Windseiten des Ofens, sobald derselbe nämlich mit 2 Formen versehen ist. Besitzt er dagegen nur eine, so heißt die Seite, auf welcher sich dieselbe befindet, die Formseite und die ihr gegenüberliegende die Windseite. Durch den unteren Theil des kreuzförmigen Gemäuers, welches die Schachtmauern stützt, laufen gewölbte Gänge, theils zur Bequemlichkeit bei der Passage, theils um die Windleitungsröhren durchzuführen, theils um dem Gemäuer bessere Gelegenheit zum Austrocknen zu geben. — Alle Theile des Ofengemäuers, welche einer starken Hitze ausgesetzt sind, müssen natürlicher Weise von hinreichend feuerfestem Materiale dargestellt seyn. Im Allgemeinen ist dies der Fall bei denjenigen Mauertheilen, welche im Vertikaldurchschnitte der obigen Zeichnung nicht schraffirt sind; besonders gilt dies aber von den das Gestell, den Heerd und die Rast zunächst umgebenden Mauern. Der eigentliche Schacht, namentlich zunächst der Gicht, kann von weniger feuerfesten Steinen eingefaßt seyn. Gestell und Heerd werden gewöhnlich aus großen, behauenen Sandsteinstücken construirt. Der hierzu angewendete Sandstein darf kein leicht schmelzbares, sondern muß ein, so viel wie möglich, kieseliges Bindemittel haben. Die Rast umgiebt man mit kleineren feuerfesten Steinen. Von einem Hohofen, dessen Gestell auf die angegebene Weise aufgemauert ist, sagt man, er habe eine Stein-Zustellung. Es giebt aber auch Oefen mit Massen-Zustellung, nämlich solche, deren Gestell, und zuweilen auch theilweise Rast und Heerd, vermittelst einer feuerfesten, aus grobem Quarzsand und Thon gebildeten Masse hergestellt ist. Letztere Art der Zustellung hat in manchen Gegenden, wo schwer verglasbare Sandsteine schwierig, oder doch nicht ohne bedeutende Kosten zu haben sind, große Vortheile. Das Zustellen eines Ofens mit Masse ist aber eine Arbeit, zu welcher viel Erfahrung und geübte Arbeiter gehören. Nächst der Feuerfestigkeit des inneren Ofengemäuers kommt es bei der Erbauung eines Hohofens auch darauf an, solche Vorrichtungen zu treffen, vermittelst welcher die schnelle und doch keinen Schaden nach sich ziehende Austrocknung der zum Theil sehr dicken Mauern erfolgen kann. Hierzu dienen die Füllung und die Abzüchte. Zwischen dem feuerfesten Gemäuer, welches den Schacht umgiebt, und dem äußeren (in der Zeichnung schraffirten), weniger feuerfesten, dem sogenannten Mantel (im Gegensatz zu den inneren Futter-Mauern), ist nämlich meist ein schmaler mit Sand, Asche, Schlackenstücken oder dergleichen schlechten Wärmeleitern erfüllter Raum, die Füllung, welche einerseits zu große Wärmeentziehung durch die Mauern verhindert, andererseits aber auch der

Eisen-Hohofen. verdunstenden Feuchtigkeit einen bequemen Ausweg verschafft. Die Abzüchte sind leere Kanäle, theils im Mantel, theils auch in anderen Theilen des Ofens angebracht. Unter der eisernen Platte, auf welcher gemeiniglich der Bodenstein des Heerdes ruht, befinden sich z. B. ein Paar sogenannte Kreuz-Abzüchte, d. h. zwei sich unter rechten Winkeln schneidende Kanäle. Diese stehen wieder mit einer in der Rückwand des Gestelles angebrachten senkrechten Abzucht in Verbindung, welche durch einen kurzen, horizontalen Kanal in's Freie mündet. Sowohl im Vertikal- als Horizontaldurchschnitt findet man dies auf der Zeichnung angedeutet. Zur Vermehrung der Festigkeit des ganzen Ofengemäuers dienen große, aus gutem Stabeisen angefertigte und vermittels Keile (Schlösser) zusammenziehbare Ringe, von denen sich ebenfalls eine Andeutung im Vertikaldurchschnitte befindet.

Stein-Zustellung. Der wichtigste Theil eines Hohofens ist das Gestell, auf dessen Construktion und Feuerfestigkeit beim Hohofen-Betriebe sehr viel ankommt. In der folgenden Figur ist ein Gestell für sich, nur in Verbindung mit den zunächst angränzenden Theilen des übrigen Ofens, abgebildet; und zwar ist hierzu ein sogenanntes Stein-Gestell (eine Stein-Zustellung) gewählt worden, weil dies am häufigsten angewendet zu werden pflegt.

Fig. 16, a

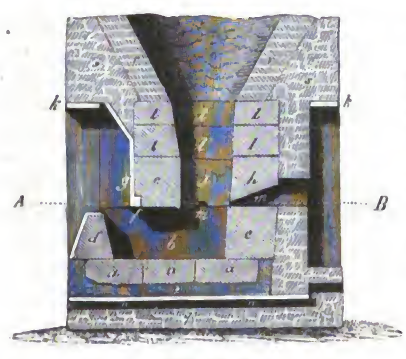
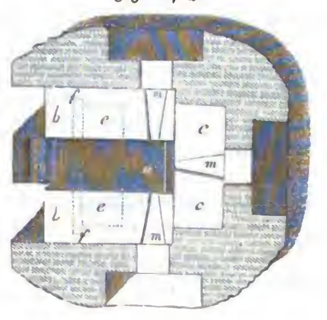


Fig. 16, b.



(*a*) ist der Vertikal- und (*b*) der Horizontal-Durchschnitt des Gestelles, letzterer nach der Linie *AB*. Die Steinstücke *a*, *a*, *a* bilden den Bodenstein, unter welchem eine Sandschicht *p* liegt. Letztere ruht auf einer eisernen Platte *o o*, und unter dieser sind, in dem gemauerten Grunde *q*, die Kanäle *n*, *n* (Kreuz-Abzüchte) angebracht, welche zur Ableitung der Feuchtigkeit dienen. Mitunter besteht der Bodenstein aus

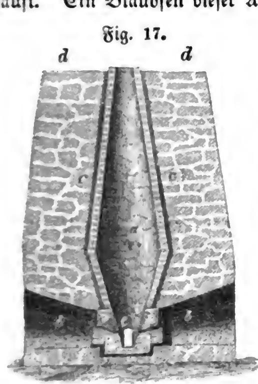
einem einzigen, zugehauenen Steine. *b, b*, die Backensteine; *c*, der Rückstein oder Rückenstein; *d*, der Wallstein. Die beiden Backensteine, der Wallstein und der Rückstein bilden die vier Wände des parallelepipedischen Heerdraumes oder Heerdes. *f*, das Tümpeleisen; *g*, das Tümpelblech; *h, i*, die Formsteine. Der dritte, *i* gegenüberliegende Formstein ist in der Figur nicht zu sehen. Bei Hohöfen, welche nur mit einer Form versehen sind, heißt der dem Formstein gegenüberliegende Stein: Windstein. *k. k*, zwei Trageisen oder Trachteisen, nämlich starke gußeiserne Schienen oder Balken, die das darüber liegende Gemäuer tragen. Statt dieser Trageisen wendet man auch Steingewölbe an. *l, l, l* ..., sogenannte Gemeinstücke, nämlich Steine, welche die Gestellwände zwischen dem Tümpelstein, den drei Formsteinen und der Rast, *r*, bilden. *s*, Mauerwerk, dessen Steine weniger feuerfest zu sein brauchen als die bisher angeführten. *m, m, m*, die drei Formen. Dieselben liegen unmittelbar auf den beiden Backensteinen und dem Rücksteine, und ihr Grundriß ist gewöhnlich auf der obern Seite dieser Steine (jedoch nur wenig vertieft) eingehauen.

Stein-Zustellung.

Blauofen.

Ein sogenannter Blauofen unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von einem Hohofen, daß derselbe, wie der praktische Ausdruck lautet, keine offene, sondern eine geschlossene Brust besitzt. Alle Gebläse-Schachtöfen nämlich, welche an dem vorderen Theile des Heerdes (bei den Eisen-Hohöfen zwischen Tümpel- und Wallstein) eine Oeffnung besitzen, durch welche ein Theil der Flamme einen Ausweg findet, nennt man Schachtöfen mit offener Brust, und solche, bei denen dies nicht der Fall ist, Schachtöfen mit geschlossener Brust. Einige Blauöfen weichen ferner dadurch sehr wesentlich von einem Hohofen ab, daß sie kein Gestell oder doch nur ein Untergestell besitzen, indem sich die Rast unmittelbar in den Heerd verläuft. Ein Blauofen dieser Art ist in der Fig. 17 abgebildet.

Fig. 17.



a, der Schacht; *b, b*, die Formgewölbe; *c, c*, das Rauchgemäuer oder der Mantel; *d, d*, die Futtermauer oder der Kernschaft. Zwischen *c* und *d* liegt die Füllung. *e* ist eine überwölbte Oeffnung, welche, während der Ofen sich im Gange befindet, bis auf das innerhalb derselben angebrachte und mit Gestübe verstopfte Stichloch, zugemauert ist. — Die Blauöfen werden nur noch in einigen Gegenden, wie z. B. in Steyermark, angewendet, woselbst man denselben zu gewissen Zwecken den Vorzug vor Hohöfen giebt.

Schacht-Schmelzöfen für Kupfererze rc.

β) Gebläse-Schachtöfen zur Zugutemachung der Kupfer-, Silber-, Blei- und Zinnerze.

Alle hierhergehörigen Oefen pflegt man entweder nach der Höhe ihrer Schächte oder nach der speciellen Einrichtung ihres Ansammlungsraumes für die geschmolzenen Massen des **Heerdes**, in Unterabtheilungen zu bringen. Im ersteren Falle theilt man dieselben in **Hohöfen**, **Halb-Hohöfen** und **Krummöfen**, und versteht unter Hohöfen gemeiniglich solche, deren Schachthöhe über 12 Fuß, unter Halb-Hohöfen solche, deren Schachthöhe zwischen 6 und 12 Fuß, und unter Krummöfen alle diejenigen, deren Schachthöhe unter 6 Fuß beträgt. Bei dieser Art der Klassifikation werden jedoch gewisse Eigenthümlichkeiten der betreffenden Oefen, welche weit wesentlicher sind als die Höhe derselben, gar nicht berücksichtigt, weshalb die andere Eintheilungsweise unbedingt den Vorzug verdient. Nach dieser zerfallen die Oefen in drei Haupt-Gruppen, nämlich in 1) **Tiegelöfen**, 2) **Sumpföfen** und 3) **Augenöfen**.

1. Tiegelöfen.

Tiegelöfen heißen diejenigen der hier in Rede stehenden Gebläse-Schachtöfen, deren Schacht sich an seinem unteren Theile in eine Vertiefung, den sogenannten **Tiegel**, endet, in welchem sich das geschmolzene Metall oder metallische Produkt (Stein) während des Ofenbetriebes ansammelt, und zwar auf die Weise, daß die geschmolzene Masse sich **ganz innerhalb** des Schachtes befindet. Bei einigen dieser Oefen ist am oberen Rande des Tiegels eine größere oder kleinere Oeffnung angebracht, durch welche die sich über dem ausgeschmolzenen Steine oder Metalle ansammelnde Schlacke abfließt und zugleich ein Theil der Flamme austritt. Diese Oefen nennt man **Tiegelöfen mit offener Brust**, und die anderen, welche diese Einrichtung nicht haben, **Tiegelöfen mit geschlossener Brust** oder **Stich-Tiegelöfen**.

Tiegelofen mit offener Brust.

Einen **Tiegelofen mit offener Brust** zeigt Fig. 18 (*a*) im Vertikal-Durchschnitt nach der Linie *CD*, und (*b*) im Horizontal-Durchschnitt nach der Linie *AB*.

a, der Schacht; *o*, der Tiegel, welcher in der auf dem gemauerten Fundamente *d* liegenden Gestübesohle *f* ausgehöhlt ist; *s*, die **Brust-Oeffnung**, durch welche die Schlacke über die geneigte Ebene *b*, die **Schlackentrift** oder **Schlackengasse**, abfließt. Am tiefsten Punkte des Tiegels befindet sich ein Kanal *p*, der **Stich**, welcher bei *m*. in der eisernen **Vorheerdplatte**, ausmündet und hier durch einen Thonpfropf so lange verstopft gehalten wird, bis sich der Tiegel während des Ofenbetriebes mit geschmolzenem Stein oder Metall angefüllt hat, worauf man das Stichloch öffnet und die geschmolzene Masse in den **Stichtiegel** *q* abläßt. *l*, das Schachtfutter (die Futtermauer), aus feuerfesten Thonziegeln bestehend;

Ziegelofen mit offener Brust.

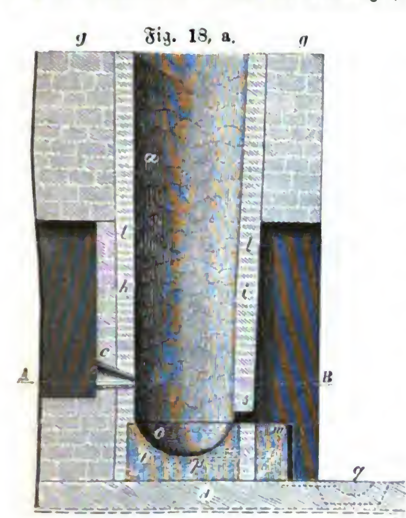


Fig. 18, a.

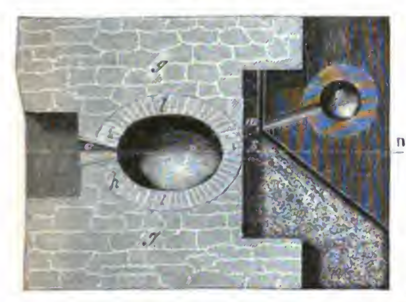


Fig. 18, b.

g, das aus Bruchsteinen aufgemauerte Umfassungs-Gemäuer; *c*, die Form. — Der Theil des Schachtfutters, welcher auf der Formseite, also bei *h* liegt, heißt bei allen Gebläse-Schachtöfen, die nicht zur Zugutemachung der Eisenerze benutzt werden, **Rückwand** oder **Hinterwand**, und der auf der Windseite, also bei *i* gelegene Theil desselben, **Stirnwand** oder **Vorwand**. Der untere Theil der Stirnwand (in welchem sich bei dem beschriebenen Ofen die Oeffnung *s* befindet) wird gewöhnlich mit dem Namen **Brust** oder **Brustwand** bezeichnet*). Die zwischen Stirnwand und Rückwand gelegenen Theile des Schachtfutters heißen **Seitenwände**, in einigen Gegenden auch **Ulmen**. Bei Oefen, deren Schacht im horizontalen Durchschnitte viereckig ist, sind Stirnwand, Rückwand und Seitenwände natürlich schärfer von einander geschieden als im vorliegenden Falle.

*) Die Brustwand befindet sich in der Regel innerhalb eines in der Stirnwand ausgesparten, überwölbten Raumes, wie z. B. aus der folgenden Figur (Fig. 19, c) zu ersehen. Durch diese Construktion wird man in den Stand gesetzt, die Brustwand erforderlichen Falles wegnehmen und also den Ofen öffnen zu können, ohne daß dadurch die Stirnwand beschädigt wird. Dies wird durch die geringere Dicke, welche die Brustwand zu haben pflegt, noch erleichtert. Bei Oefen mit offener Brust ist am unteren Theile der Brustwand, unmittelbar über der Bruştöffnung, gewöhnlich ein zweites, kleineres Gewölbe angebracht.

Tiegelofen mit geschlossener Brust.

Einen **Tiegelofen mit geschlossener Brust** oder **Stich-Tiegelofen** zeigt Fig. 19, *a*, *b*, *c*. In (*a*) ist der senkrechte Durchschnitt dieses Ofens abgebildet, in (*b*) der Horizontal-Durchschnitt und in (*c*) die vordere Ansicht desselben.

Fig. 19, a.

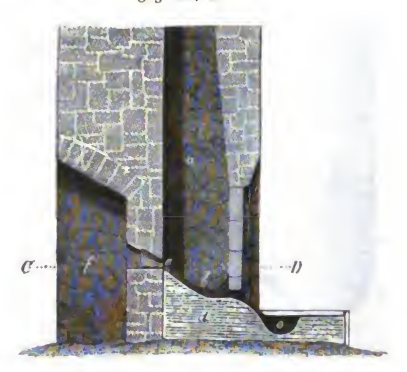


Fig. 19, b.



Fig. 19, c.



a, der Schacht; *b*, der Tiegel, welcher hier den Ansammlungsraum sowohl für die ausgeschmolzene metallhaltige Masse als auch für die Schlacke bildet, welche beide innerhalb des Ofens bleiben, bis das Abstechen derselben erfolgt. Die Gestübesohle *d* steigt bei der Rückwand, wie aus (*a*) zu ersehen, schräg gegen die Form *e* hinauf; diesen schräg liegenden Theil der Gestübesohle, durch welchen ein Theil der geschmolzenen Massen in den

Tiegel geleitet wird, pflegt man den **Nasenstuhl** (eine Benennung, die später, im zweiten Theile der Metallurgie erläutert werden wird) zu nennen. *c*, der Stichtiegel, in welchen die geschmolzenen Massen abgestochen werden; derselbe besteht bei einigen Oefen aus Gußeisen. *f*, das Formgewölbe.

2. Sumpföfen.

Mit dem Namen **Sumpföfen** werden diejenigen der betreffenden Gebläse-Schachtöfen belegt, deren Heerd (hier **Sumpf** genannt) bei der Brustwand aus dem Ofen hervortritt, so daß sich also die geschmolzenen Massen **theilweise innerhalb und theilweise außerhalb** des Schachtes befinden. Der Theil des Heerdes oder Sumpfes, welcher **vor** der Brustwand liegt, heißt **Vorheerd**; ingleichen pflegt man auch die theils aus Gestübe, theils aus Thon, Mauerwerk u. s. w. bestehende Einfassung des letzteren unter dem Namen Vorheerd zu verstehen.

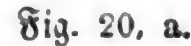


Fig. 20, a.

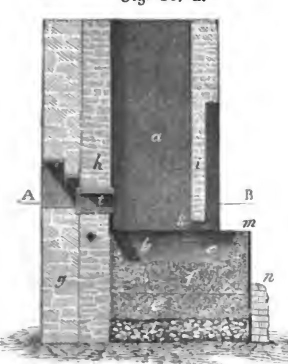
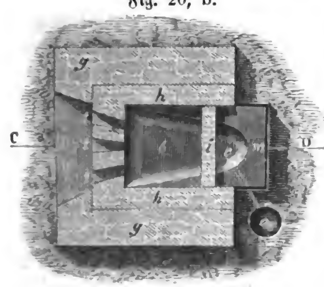


Fig. 20, b.



Schwedischer Sumpfofen.

Ein **Schwedischer** (oder Fahluner) **Sumpfofen** ist in der nebenstehenden Figur abgebildet; in (*a*) im Vertikal-Durchschnitt, und in (*b*) im Horizontal-Durchschnitt nach *AB*.

a. der Schacht; *b*, *c*, der Sumpf, welcher in der Gestübeschicht *f* ausgehöhlt ist. Der vor der Brustöffnung *k* liegende Theil *c* des Sumpfes bildet den Vorheerd, aus welchem ein Stich-Kanal in den Stichtiegel oder Stichheerd *o* mündet. Die Schicht *e* besteht aus festgestampftem Thon, und die darunter liegende Schicht *d* aus Schlackenstücken. *m*, die eiserne **Vorheerdplatte**; *n*, die **Vorheerdmauer**; *g*, *g*, das Umfassungsgemäuer; *h*, *h*, die Futtermauern; *i*, die Brustmauer; *t*, *t*, *t*, drei Formen.

Sächsischer Sumpfofen.

Einen **Sumpfofen** anderer Art zeigt Fig. 21, *a*, *b*, *c*. Eine perspektivische Ansicht desselben ist in (*a*), ein lothrechter Durchschnitt nach *AB* in (*b*), und ein gleicher mit dem vorigen rechtwinkliger Durchschnitt nach *CD* in (*c*) dargestellt.

Sächsischer Sumpfofen.

Fig. 21, a.

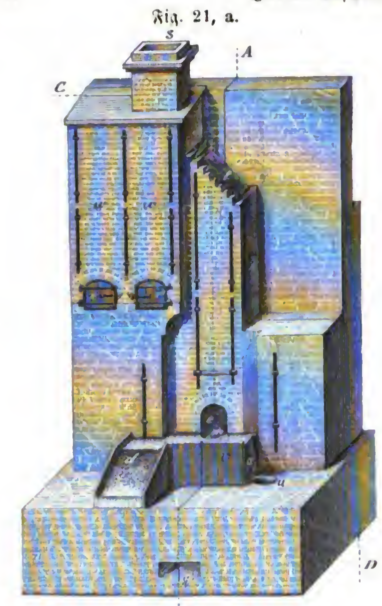
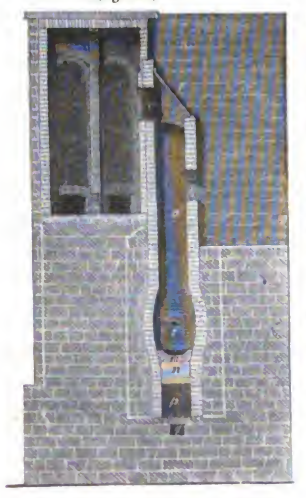


Fig. 21, b.



Fig. 21, c.



Der Schachtraum *a* wird bei diesem Ofen nicht in seiner ganzen Höhe, bis *c* oder *t*, zur Schmelzung und gleichzeitiger vorbereitender Erhitzung der betreffenden Stoffe benutzt, sondern dies geschieht nur bis etwa zum unteren Theile der in der einen Seitenwand (Ulme) befindlichen, überwölbten Oeffnung *b*, durch welche Brennmaterial und Beschickung (Gemenge der zu schmelzenden Substanzen) aufgegeben, d. h. in den Ofen gebracht werden. Der darüberliegende Theil des Schachtraumes dient allein dazu, die aus der Gicht aufwärts steigenden Gase, welche condensable nutzbare Stoffe bei sich führen, durch die Oeffnung *c* in die daneben-

liegenden Verdichtungs- (Flugstaub-) Kammern zu leiten, aus denen das nicht Condensirte durch die Esse *s* in's Freie gelangt. Die nähere Erklärung dieses Ofentheiles gehört inzwischen nicht hierher und wird daher später gegeben werden. *m* ist eine Gestübeschicht, deren obere Fläche die Sohle des sich bis vor die Bruströffnung *e* erstreckenden Sumpfes bildet. Während des Ofenbetriebes ist die Bruströffnung so weit durch Mauerung geschlossen, daß nur die nöthige Communikation zwischen dem hinteren und dem vorderen Theile des Sumpfes, dem Vorheerde, und in Folge davon das Abfließen der Schlacke gestattet wird. Die aus dem Vorheerde tretende Schlacke nimmt ihren Weg über die Schlackengasse (Schlackentrifft) *d*. Vom tiefsten Theile des Sumpfes führt ein Stich-Kanal nach dem Stichloche *o*, aus welchem das abgestochene Schmelzprodukt in den Stichtiegel oder Stichheerd *u* fließt. *n* ist eine festgestampfte Lehm- und *p* eine Schlackenschicht. Unter letzterer befindet sich das gemauerte Fundament des Ofens, in welcher die Abzüchte *q*, *q* ... angebracht sind. *v* ist die eiserne Vorheerdplatte. Auch die Schlackengasse ist durch eiserne Platten eingefaßt.

Sächsischer Sumpfofen.

In Fig. 22, *a*, *b* ist ein dritter Sumpfofen in zwei sich unter rechten Winkeln schneidenden vertikalen Durchschnitten dargestellt.

Schwedischer Sumpfofen.

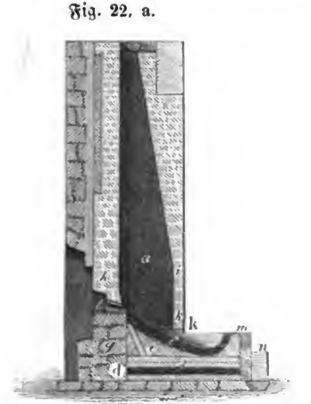


Fig. 22, a.

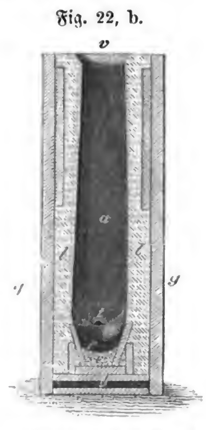


Fig. 22, b.

a, der Schacht, welcher sich bei der Gicht *v* auf die dargestellte Art erweitert; *f*, der von einer Gestübe-Schicht umgebene Sumpf, welcher hier noch weiter unter der Brust *k* hervortritt, als es bei den beiden vorhergehenden Oefen der Fall war. Einige zweckmäßig angebrachte Steinplatten, die im Holzschnitte angedeutet sind, dienen dazu, die Haltbarkeit des Sumpfes zu vermehren. *e*, eine Lehmschicht; *d*, eine Schlackenschicht; *g*, *g*, das Umfassungsgemäuer; *l*, *l*, die Futtermauern. Zwischen *l* und *g* befindet sich

eine Füllung. *h*, die Rückwand; *i*, die Brustwand; *l*, die Form, bis zu welcher die Gestübesohle heransteigt.

a. Augenöfen.

Unter **Augenöfen** oder **Spuröfen** versteht man diejenigen Gebläse-Schachtöfen, bei denen die geschmolzenen Massen während des Ofenbetriebes ununterbrochen über die geneigte Heerdsohle, **Spur**, aus einer am tiefsten Punkte des Schachtes angebrachten Oeffnung, dem **Auge**, abfließen und sich daher **ganz außerhalb** des Schachtraumes, in dem sogenannten **Spurtiegel**, ansammeln. Oefen, deren Auge **über** dem Spurtiegel ausmündet, also nicht von den geschmolzenen Massen bedeckt wird, pflegt man **Augenöfen mit offenem Auge**, und solche, deren Auge mehr oder weniger **nahe dem Boden** des Spurtiegels ausmündet, **Augenöfen mit verdecktem Auge** zu nennen. Augenöfen mit offenem Auge, welche mit zwei Spurtiegeln (und zwei Augen) versehen sind, heißen **Brillenöfen**.

Brillenofen.

Einen Augenofen mit offenem Auge, Brillenofen, zeigt Fig. 23, *a*, *b*, *c*. In (*a*) und (*b*) sind zwei vertikale, rechtwinklig gegen einander liegende Durchschnitte und in (*c*) ist ein horizontaler Durchschnitt dieses Ofens dargestellt.

Fig. 23, a.

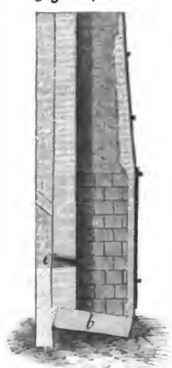


Fig. 23, b.

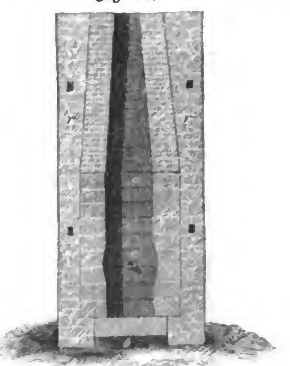
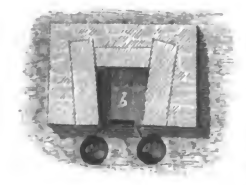


Fig. 23, c.



a, der Schacht, welcher unten durch den nach der Brustwand geneigten **Bodenstein** *b* begränzt wird. Die geschmolzenen Massen fließen über diesen Bodenstein und treten durch die beiden an seiner tiefliegenden Seite angebrachten Augen und die damit in Verbindung stehenden Rinnen in die beiden Spurtiegel *c*, *c*, welche während des Ofenbetriebes abwechselnd in Gebrauch ge-

nommen werden. *e*, die Form; *r*, *r*, das Umfassungs-Gemäuer, innerhalb welchem sich die Futtermauern befinden.

Fig. 24, *a*, *b* zeigt einen anderen Augenofen mit offenem Auge, ebenfalls Brillenofen, welcher in seiner Schacht-Construktion Aehnlichkeit mit einem Eisen-Hohofen und noch mehr mit einem Blauofen besitzt.

Brillenofen.

Fig. 24, a.



Fig 24, b.



a, der Schacht; *b*, der Bodenstein; *c*, *c*, die Spurtiegel; *e*, *e*, *e*, drei Formen. Auch der Mantel dieses Ofens mit seinen Abzüchten und Formgewölben ähnelt dem Mantel eines Eisen-Hohofens.

Augenofen mit verdecktem Auge.

Ein Augenofen mit verdecktem Auge ist in Fig. 25, *a*, *b* dargestellt; (*a*) zeigt den Vertikal-Durchschnitt und (*b*) den Horizontal-Durchschnitt im Niveau der Form.

Fig. 25, a.

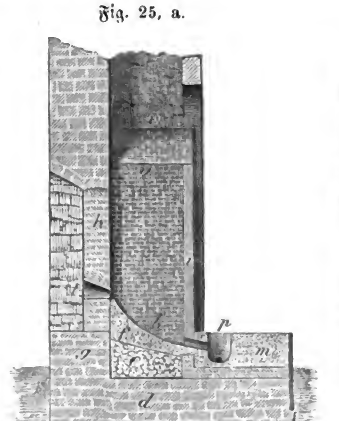


Fig. 25, b.





a, der Schacht, welcher sich an seinem oberen Theile *v* erweitert; *b*, die Spur, auf welcher die geschmolzenen Massen abwärts fließen und durch das verdeckte Auge *s* in den unteren Theil des Spurtiegels *p* gelangen, aus welchem dieselben, wenn der Spurtiegel gefüllt ist, durch den Stich *z* in den Stichtiegel *q* abgestochen werden. Die Spur wird durch eine Gestübeschicht *f* gebildet, unter welcher eine Schlackenschicht *e* liegt. *d*, das gemauerte Fundament; *m*, der Vorheerd; *g*, das Umfassungs-Gemäuer; *h*, die Rückwand; *l*, *l*, die Seitenmauern (Ulmen); *i*, die Brustwand; *t*, die Form.

3) Flammöfen.

Flammöfen.

Diesen Namen erhielten die betreffenden Oefen, weil in denselben das Brennmaterial nicht unmittelbar, durch seine Berührung, sondern mittelbar, durch seine **Flamme**, zur Wirkung gelangt. Bei einigen der früher beschriebenen Schachtöfen ohne Gebläse (Zug-Schachtöfen) ist dies zwar auch der Fall, aber ein Flammofen unterscheidet sich von diesen dadurch, daß die zu erhitzende Substanz sich bei ihm in keinem Schachtraume aufgeschichtet, sondern auf einer planen oder concaven feuerfesten Unterlage, dem **Heerde**,

ausgebreitet befindet. Ein anderer häufig für die Flammöfen gebrauchter Name ist Reverberir-Oefen, abgeleitet von réverbérer, zurückwerfen, zurückstrahlen. Die Heerdwände und die über dem Heerde ausgespannte Wölbung eines Flammofens strahlen nämlich einen Theil der durch die Flamme des Brennmaterials ihnen mitgetheilten Wärme wieder zurück und befördern auf diese Weise die Erhitzung der auf dem Heerde ausgebreiteten Substanz. — Die Flammöfen lassen sich, auf ganz analoge Weise wie die Schachtöfen, in zwei Haupt-Abtheilungen bringen, nämlich in Zug-Flammöfen und Gebläse-Flammöfen. In den ersteren wird der Luftwechsel durch eine mehr oder weniger hohe Esse, in den letzteren durch ein Gebläse hervorgebracht.

Flammöfen.

Unter den einzelnen Theilen eines Flammofens giebt es einige, welche bei sämmtlichen Oefen dieser Art vorkommen, nämlich besonders 1) der Aschenfall, 2) der Rost, 3) der Schürraum mit dem Schürloch, 4) die Feuerbrücke, Flammenbrücke oder auch kurzweg Brücke genannt, 5) das Flammen- oder Heerd-Gewölbe, 6) der Heerd, 7) die Arbeitsöffnung. Die Benennungen Aschenfall und Rost sind als allgemein bekannt vorauszusetzen und überdies auch schon früher (bei dem Schwedischen Eisenerz-Röstofen) erläutert worden. Schürraum, abgeleitet von schüren, d. h. heizen, feuern, heißt der über dem Rost befindliche Raum, welcher das Brennmaterial enthält, Schürloch die zu diesem Raume führende, gemeiniglich durch eine eiserne Thüre verschließbare Oeffnung. Unter Feuerbrücke, Flammenbrücke oder Brücke versteht man eine niedrige Mauer, welche sich zwischen Rost und Heerd befindet und theils zur besseren Absonderung beider Flächen und der darauf ausgebreiteten Substanzen, theils auch dazu dient, den dem Roste zunächst liegenden Theil der zu erhitzenden Substanz vor der allzu heftigen Einwirkung der Flamme zu beschützen. Die unmittelbar über der Brücke befindliche Oeffnung, durch welche die Flamme in den Heerdraum tritt, wird gemeiniglich Flammenloch genannt. Heerdgewölbe oder Flammengewölbe heißt das über dem Heerde ausgespannte Gewölbe, und Arbeitsöffnung die in den Heerdraum führende, mitunter ebenfalls durch eine eiserne Thüre verschließbare Oeffnung, welche dem Arbeiter die Ausführung verschiedener nothwendiger Manipulationen gestattet. — Heerd, Brücke und Heerdgewölbe müssen vorzugsweise aus feuerfestem Material bestehen; in der Regel wählt man dazu künstliche Thonsteine.

a) Zug-Flammöfen.

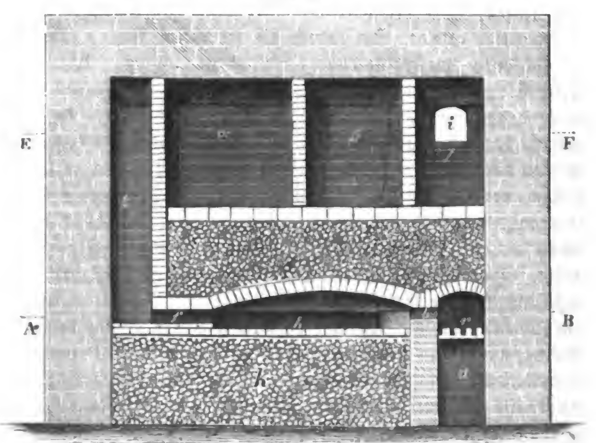
a. Zug-Flammöfen.

Zu den bereits angeführten 7 Haupttheilen eines Flammofens im Allgemeinen kommen bei einem Zug-Flammofen noch 8) der Fuchs und 9) die Esse. Fuchs heißt der Kanal oder überwölbte Raum, durch welchen die

Zugflammöfen. Flamme und die heißen Gasarten, die sich theils durch Verbrennung des Brennmaterials bilden, theils sich aus der erhitzten Substanz entwickeln, in die Esse, d. h. einen schachtförmigen Raum von geringem Querschnitte geleitet werden. Aus welchem Grunde eine solche Esse durch ihre zweckmäßige Construktion und namentlich durch ihre größere oder geringere Höhe einen mehr oder weniger lebhaften Zug bewirken kann, davon wird im vierten Abschnitte, welcher von den Wärme-Beförderungsmitteln handelt, die Rede seyn. — Die Zug-Flammöfen werden theils zur Röstung, theils zur Schmelzung angewendet. In letzterem Falle müssen dieselben, wegen des erforderlichen stärkeren Hitzgrades, im Allgemeinen mit höheren Essen versehen seyn als im ersteren. Zug-Flammöfen, welche zum Rösten gebraucht werden, sind, besonders wenn die zu röstenden Substanzen Silber enthalten, häufig mit Flugstaub-Kammern, d. h. Ansammlungsräumen für den durch den heißen Gasstrom mechanisch fortgeführten silberhaltigen Flugstaub versehen. Dies ist z. B. bei den beiden im Folgenden näher beschriebenen Flammöfen der Fall.

Ungarischer Röstofen. Ein Ungarischer Zug-Flammofen, welcher zum Erz-Rösten angewendet wird, ist in Fig. 26, *a*, *b* abgebildet. (*a*) ist ein senkrechter

Fig. 26, a.

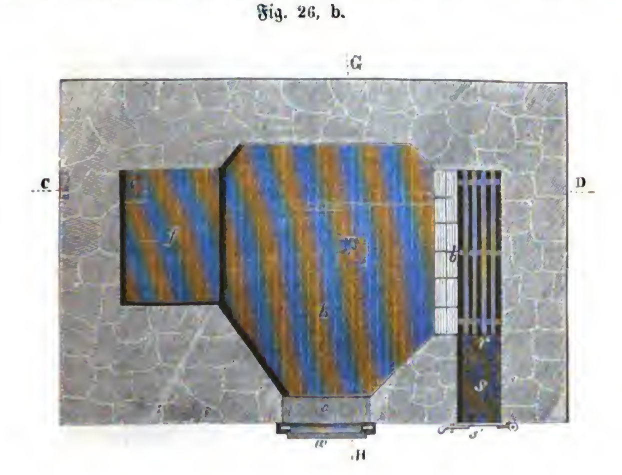


Durchschnitt des Ofens nach der Linie *CD* in (*b*), (*b*) ein horizontaler Durchschnitt nach *AB* in (*a*).

a, der Aschenfall; *r*, der Rost, über welchem sich der überwölbte Schürraum befindet. Das Brennmaterial wird durch das vermittelst der eisernen

Thür s' verschließbare Schürloch s auf den Rost gebracht. b, die Feuerbrücke; h, der Heerdraum. Der Heerd selbst besteht aus einer Lage feuer- Ungarischer Röstofen.

Fig. 26, b.



fester Thonsteine, welche auf einer aus Schlacken- und Steinstücken bestehenden Unterlage k ruhen. Ein Theil dieser Unterlage fällt bei vielen Flammöfen dadurch weg, daß unter dem Heerde ein überwölbter oder auf andere Weise hergestellter leerer Raum vorhanden ist. o, die Arbeitsöffnung, vor welcher die um eine horizontale Achse leicht drehbare gußeiserne Walze w angebracht ist. Dieselbe dient den Werkzeugen zur Unterlage, durch welche der die Röstung leitende Arbeiter das Umrühren, Zerklopfen u. s. w. des zu röstenden Erzpulvers ausführt. f, der Fuchs; e, die Esse. Die letztere mündet, weil dieser Ofen zum Rösten silberhaltiger Erze gebraucht wird, nicht unmittelbar in's Freie aus, sondern in die drei zusammenhängenden Gestübekammern α, β, γ. Aus der letzten dieser Kammern, γ, gelangt der Gasstrom durch die Oeffnung i in eine Esse. Zwischen dem Heerdgewölbe (Flammengewölbe) und dem Boden der Gestübekammern liegt eine Schlackenfüllung, theils um zu verhindern, daß der Gestübekammer zu viel Wärme mitgetheilt wird, theils um, beim Anfeuern des Ofens, das Entweichen der Feuchtigkeit des Gemäuers zu erleichtern. — Zur ferneren Erläuterung der Construktion dieses Flammofens dient Fig. 26, c, d (s. die folgende Seite). (c) ist ein senkrechter Durchschnitt nach GH in (b), (d) ein horizontaler Durchschnitt nach EF in (a).

Ungarischer Röstofen.

In (*c*) ist *o* die Arbeitsöffnung mit der davor angebrachten Walze *w*; *k*, die Heerdunterlage; *h*, der Heerd; *b*, die Feuerbrücke mit dem darüber

Fig. 26, c.

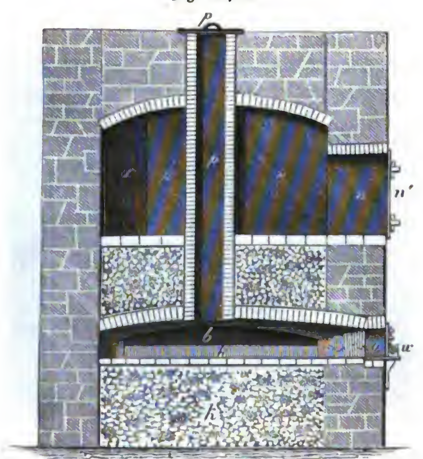
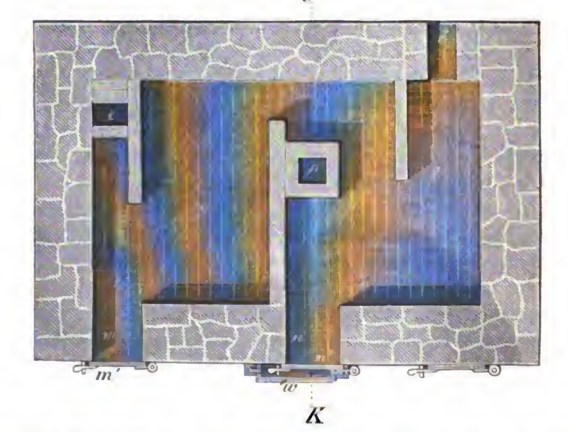


Fig. 26, d.

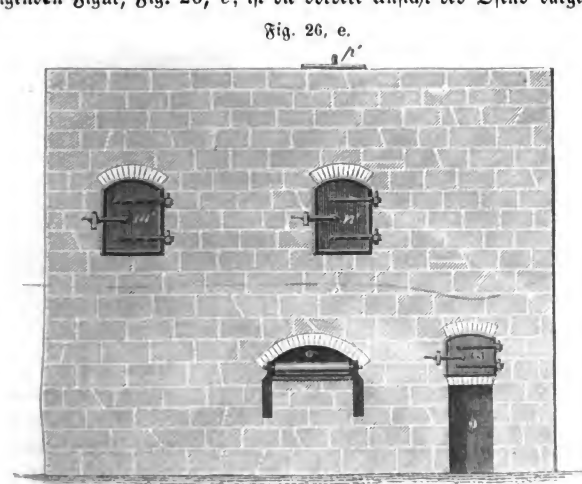


befindlichen Flammenloch; *p*, ein schachtförmiger, oben durch einen eisernen Deckel verschließbarer Kanal, welcher nach unten im Heerdgewölbe ausmün-

det und durch den das zu röstende Erzpulver auf den Heerd geschüttet wird. Ehe letzteres geschieht, ist dasselbe durch Aufschichtung auf der oberen Fläche des Ofens getrocknet und dadurch zum Einlassen in den Ofen vorbereitet worden. *n*, eine durch die eiserne Thür *n'* verschlossene Oeffnung, durch welche der Flugstaub aus der Kammer *β* genommen wird. Die nähere Einrichtung der Gestübekammern geht aus dem Horizontal-Durchschnitte (*d*) hervor. Zugleich gewahrt man in demselben die zwei Oeffnungen *m* und *n*, welche zur Herausnahme des angesammelten Flugstaubes dienen. — In der folgenden Figur, Fig. 26, *e*, ist die vordere Ansicht des Ofens dargestellt.

Ungarischer Röstofen.

Fig. 26, e.



o, die Arbeitsöffnung mit der Walze *w*; *s'* die das Schürloch verschließende Thür; *a*, der Aschenfall; *m'* und *n'*, zwei zu den Oeffnungen *m* und *n* (s. Fig. 26, *d*) gehörige Thüren.

Mansfelder Doppel-Röstofen.

Ein **Mansfelder Zug-Flammofen** oder **Doppel-Röstofen** ist in Fig. 27, *a*, *b*, *c*, *d* (s. folgd. Seite) dargestellt. (*a*) ein Vertikal-Durchschnitt nach der Linie *EF* in (*c*), (*b*) ein anderer Vertikal-Durchschnitt nach *GH* in (*c*), (*c*) ein Horizontal-Durchschnitt nach *AB* in (*a*) und (*d*) ein dergleichen Durchschnitt nach *CD* in (*a*).

Doppel-Röstofen nennt man diesen Zug-Flammofen, weil in demselben zu gleicher Zeit auf zwei von einander getrennten Heerden geröstet wird, von denen der eine, *h*, unter dem andern, *h'*, liegt. Jeder dieser Heerde ist mit einem besonderen Windofen (Schürraum, Rost und Aschenfall) versehen, nämlich der Heerd *h* mit dem Rost *r* und dem Aschenfall *a*, und

Mansfelder Doppel-Röstofen.

Fig. 27, a.

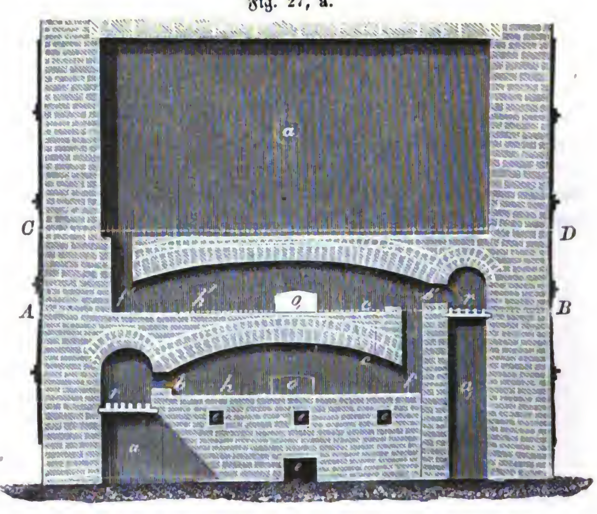
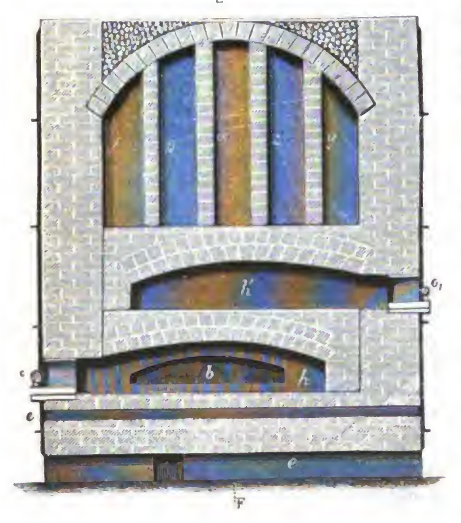


Fig. 27, b.



der Heerd h' mit dem Rost r' und dem Aschenfall a'. Der Gebrauch dieses Flammofens findet, je nachdem es die Umstände erfordern, auf zweierlei Weise statt; entweder wird jeder Heerd für sich, vermittelst des zu ihm gehörigen Windofens, erhitzt, oder nur der untere durch seinen Windofen, der obere dagegen durch den vom unteren aufsteigenden heißen Gasstrom. Im ersten Falle wird der Fuchs f, welcher beide Heerdräume mit einander verbindet, durch eine eiserne Platte ge-

Mansfelder Doppel-Röstofen.

schlossen, und der **heiße Gasstrom** des untern Heerdes nimmt dann seinen Weg durch **den Fuchs** x [siehe (c) und (d)], welcher unmittelbar in

Fig. 27, c.

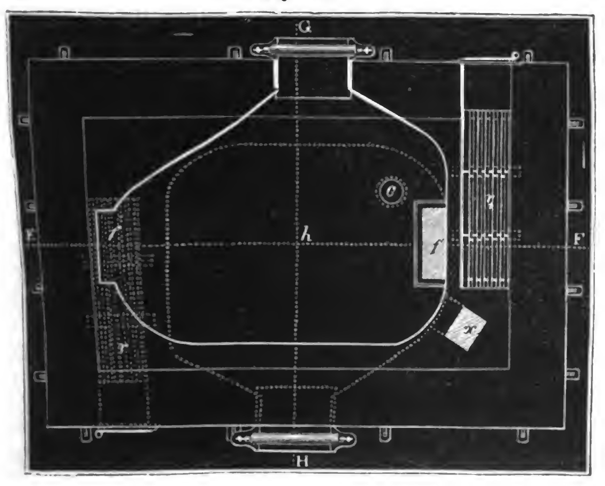
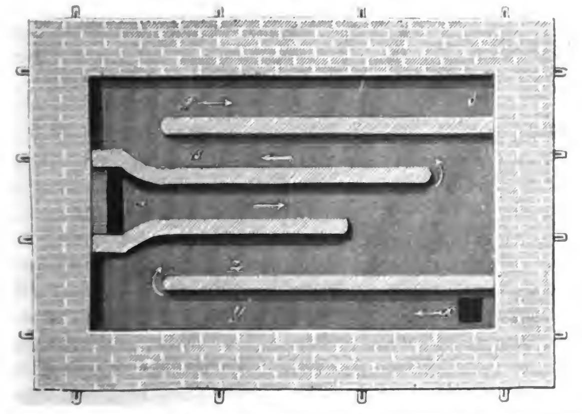


Fig. 27, d.



die Gestübekammer y führt, während der Gasstrom des oberen Heerdes durch den Fuchs f' in die Gestübekammer α gelangt. Die beiden Heerd=

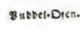
Mansfelder-Doppel-Röstofen.

räume stehen also solchergestalt nicht mehr in Verbindung mit einander, und der Doppel-Röstofen erfüllt nun die Funktion zweier einzelnen Flammöfen, jedoch mit dem Unterschiede, daß der obere leichter, also mit Brennmaterial-Ersparung, zu erwärmen ist, weil dem Heerde desselben die Wärme zugeführt wird, welche das Heerdgewölbe des unteren Ofens durchläßt. Im zweiten Falle ist das Flammenloch b' des oberen Ofens (zwischen f und r') vermauert, der Fuchs f geöffnet, der Fuchs x geschlossen und nur der Rost r mit Brennmaterial versehen. Der heiße Gasstrom des unteren Heerdraumes tritt also durch den Fuchs f in den oberen und von hier durch den Fuchs f' in die Gestübekammer α. Auf diese Weise werden die beiden Heerde des Doppel-Röstofens nur durch einen Windofen erhitzt, wobei sich natürlicherweise eine noch größere Brennmaterial-Ersparniß als im ersten Falle herausstellen muß. Da der obere Heerd hierbei aber nicht so stark erhitzt wird wie der untere, so gebraucht man ersteren nur zum Vor- (vorbereitenden) Rösten, den anderen dagegen zum Gut-Rösten. Sobald das Erzmehl im unteren Ofen gutgeröstet ist, wird es herausgezogen und das im oberen Ofen vorgeröstete Erz durch die bis dahin geschlossene Oeffnung c auf den unteren Heerd h gebracht, während seine Stelle auf dem oberen Heerde h' wieder durch ein neues Erz-Quantum ersetzt wird. — Die Arbeitsöffnung o' des oberen Ofens mündet auf der der Arbeitsöffnung o entgegengesetzten Seite aus, wie aus (b) zu ersehen ist. Hierdurch wird es möglich gemacht, daß zwei Arbeiter zugleich, ohne einander zu hindern, beim Doppel-Röstofen beschäftigt seyn können. b in (b) ist das zum unteren Heerde gehörige Flammenloch; $e, e, e \ldots$ sind Abzüchte im Heerdgemäuer. Die Einrichtung der aus den communicirenden Räumen y, z, α, β und γ bestehenden Gestübekammern geht besonders aus dem Horizontal-Durchschnitte hervor. Aus der letzten Gestübekammer, γ, geht der heiße Gasstrom durch die Oeffnung δ in eine Esse.

Puddel-Ofen.

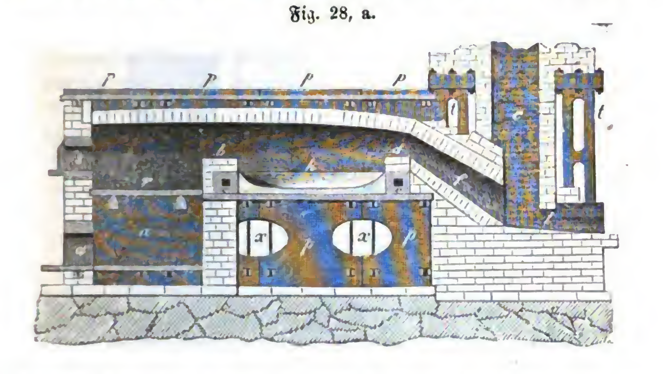
Die folgende Figur, Fig. 28, a, zeigt einen **Puddel-Ofen** im Vertikal-Durchschnitt, einen Zug-Flammofen nämlich, welcher zur oxydirenden Schmelzung von Roheisen behufs der Stabeisen-Fabrikation, also zu gleichem Zwecke wie ein Frischheerd (s. Heerdöfen) angewendet wird.

a, der Aschenfall; r, der Rost; b, die Brücke; h, der Heerd. Letzterer hat, zur Aufnahme des flüssigen Roheisens, eine concave Oberfläche. Um das Austreten desselben in den Fuchs zu verhindern, ist hier eine der Feuerbrücke b gleiche, dammförmige Erhöhung, die **Fuchsbrücke** d, angebracht. Sowohl Feuerbrücke als Fuchsbrücke bestehen, wie im Holzschnitte angedeutet ist, zum Theil aus Mauerwerk (feuerfesten Thonsteinen), zum Theil aus einem hohlen, parallelepipedischen Stücke Gußeisen c, durch welches, um es vor dem Schmelzen zu schützen, während des Processes beständig ein Wasserstrom geleitet wird. Der vertiefte Heerd selbst besteht aus kleinen Schlacken-



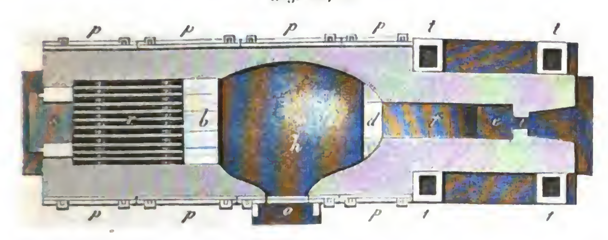
stücken, die auf einer eisernen Platte, der **Heerdplatte**, ruhen, unter welcher sich ein leerer Raum befindet. *s* ist das Schürloch; *p, p, p* ...,

Fig. 28, a.



sind verankerte eiserne Platten, zu beiden Seiten des Ofens angebracht, um das Gemäuer desselben zusammenzuhalten. Noch deutlicher wird die Construktion dieses Ofens durch Zuziehung der Fig. 28, *b*, welche einen Durchschnitt desselben darstellt, der vom Schürloche bis zur Fuchsbrücke horizontal läuft, von da aber sich parallel dem abwärts gehenden Fuchse *f* neigt.

Fig. 28, b.

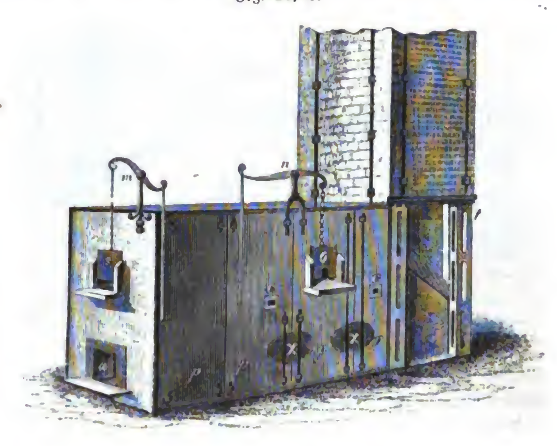


s, das Schürloch; *r*, der Rost; *b*, die Brücke; *h*, der Heerd; *o*, die Arbeitsöffnung; *d*, die Fuchsbrücke; *f*, der Fuchs; *e*, die Esse; *l*, eine Oeffnung am unteren Ende der Esse, durch welche Asche, geschmolzene Theile des Gemäuers u. s. w., die sich hier ansammeln, entfernt werden können; *t, t, t, t*, vier eiserne, aus mehreren Stücken zusammengesetzte Tragstempel, auf denen das Gemäuer der beträchtlich hohen Esse ruht, die in der Zeichnung abgebrochen dargestellt ist; *p. p* ..., verankerte eiserne Platten. Die äußere Gestalt des Puddelofens zeigt die folgende Figur.

Pu.del-Ofen.

a, der Aschenfall; *s*, das durch eine eiserne Fallthür verschließbare Schürloch; *o*, die auf gleiche Weise verschließbare Arbeitsöffnung; *c*, *c*, zwei Löcher

Fig. 28, c.



in den eisernen Bekleidungs-Platten *p*, *p*, die zu den hohlen gußeisernen Balken der Feuer- und der Fuchsbrücke führen; *x*, *x*, zwei elliptische Oeffnungen, durch welche man unter die Heerdplatte gelangen kann. Auf der entgegengesetzten Seite des Ofens sind zwei ähnliche Oeffnungen angebracht.

b) Gebläse-Flammöfen.

b Gebläse-Flammöfen.

Diese Flammöfen sind, weil sie zur oxydirenden Schmelzung benutzt werden, mit einem concaven Heerde versehen, auf welchem man die eingeschmolzenen, gewöhnlich metallischen, Substanzen der Einwirkung der Flamme und des Gebläsestromes aussetzt. Der Heerd pflegt im Grundriß eine runde oder elliptische Gestalt zu haben; bei einigen besteht er aus einer porösen feuerfesten Masse, welche einen Theil der durch die oxydirende Schmelzung gebildeten flüssigen Oxyde einsaugt. — Zu den Gebläse-Flammöfen können auch die erst in neuester Zeit angewendeten Gas-Flammöfen gerechnet werden. In einem Ofen dieser Art wird, wenigstens unmittelbar, kein festes Brennmaterial, sondern ein hauptsächlich aus Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffgas und Wasserstoff bestehendes, brennbares Gasg menge vermittelst eines Gebläsestromes verbrannt und dadurch eine sehr hohe Temperatur hervorgebracht. Es dürfte jedoch richtiger seyn, die Beschreibung dieser Oefen bis zum vierten, von den Wärme-Beförderungsmitteln handelnden Abschnitte

Deutscher Treibeheerd.

zu verschieben, weil der Hauptvortheil, den dieselben gewähren, in Brenn-material-Ersparung besteht.

Die folgenden beiden Figuren, Fig. 29, *a* und *b*, stellen einen Deutschen **Treibeheerd** dar, einen zur oxydirenden Schmelzung silberhaltigen Bleies, zum sogenannten **Abtreiben** oder **Treiben** dienenden Gebläse-Flammofen, wie er besonders auf Deutschen Hüttenwerken gebräuchlich ist. (*a*) ist ein Vertikal-Durchschnitt nach der Linie *CD* in (*b*), und (*b*) ein Horizontal-Durchschnitt nach *AB* in (*a*).

Fig. 29, a.

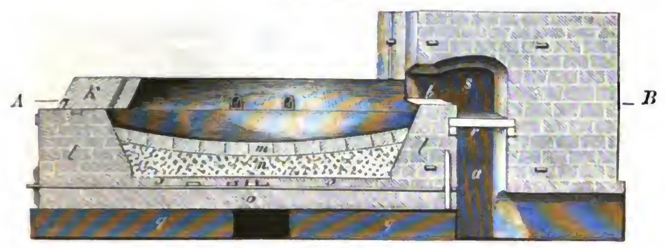
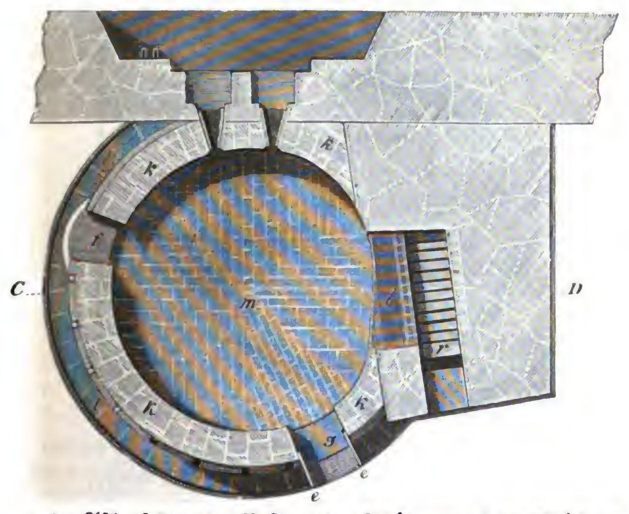


Fig. 29, b.



a, der Aschenfall; *r*, der Rost; *s*, der Schürraum; *b*, die Brücke; *m*, eine aus Ziegelsteinen bestehende Heerd-Unterlage, der **Ziegelheerd**, auf

Teutscher Treibeheerd.

welchen die den eigentlichen Heerd, die Treibesohle, bildende Masse 6 — 7 Zoll hoch aufgestampft wird. Diese Masse bestand früher aus ausgelaugter, geglühter Holzasche, in neuerer Zeit hat man aber angefangen dafür Kalkmergel (etwa 5 Gewichtstheile kohlensauren Kalk und 1 Gwthl. Thon) zu gebrauchen. Unter dem Ziegelheerde *m* liegt eine Schlackenschicht, der

Fig. 29. a.

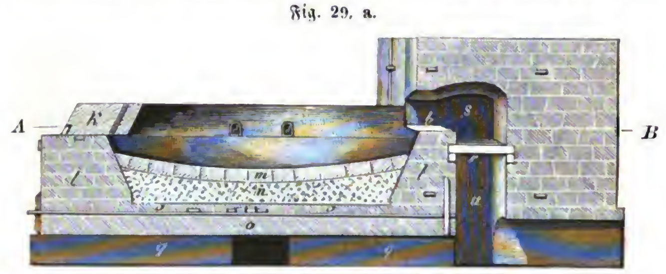
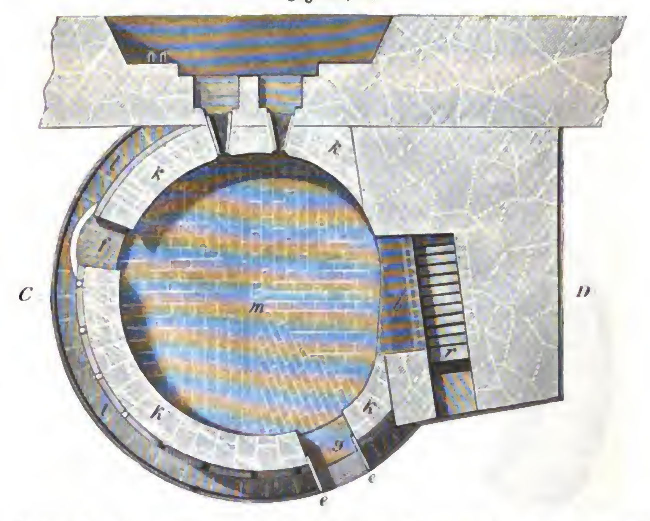


Fig. 29, b.



Schlackenheerd, *n*, und unter diesem das Mauerwerk *o*, in welchem sich außer mehreren kleineren Abzüchten die großen Kreuz-Abzüchte *q*, *q* befinden. Der Schlacken-, der Ziegel- und der Mergel-Heerd werden durch den großen oder Haupt-Kranz, *l*, welcher aus großen Bruchsteinen besteht, zusammengehalten; über diesem befindet sich der kleine oder Ziegel-Kranz,

Teutscher Treibeheerd.

k, in welchem die beiden Formen oder, wie man sie bei diesem Ofen zu nennen pflegt, Kannen, *d*, *d*, liegen. Sie weichen in ihrer Construktion dadurch von gewöhnlichen Formen ab, daß sie an ihrer vorderen Mündung mit beweglichen, herabhängenden Klappen versehen sind, welche durch die aus beiden Düsen kommenden Windströme geöffnet werden und letzteren eine niederwärts gehende Richtung geben, wodurch die Oberfläche des geschmolzenen silberhaltigen Bleies desto vollkommner von denselben bestrichen und also der Oxydation ausgesetzt wird. *g* ist das von zwei eisernen Platten, *e*, *e*, eingefaßte Glättloch, durch welches der größte Theil des während des oxydirenden Schmelzens gebildeten flüssigen Bleioxyds (Glätte) seinen Abfluß nimmt. Ein kleinerer Theil desselben wird von dem porösen Aschen- oder Mergelheerde eingesogen. Die ebenfalls im Ziegelkranze angebrachte Oeffnung *f* wird gemeiniglich Schürloch genannt, obwohl sie, da der größte Theil des heißen Gasstromes hier seinen Ausweg nimmt, die Stelle eines Fuchses vertritt. Jene Benennung schreibt sich von Treiböfen älterer Construktion her, die mit keinem Windofen versehen waren, und bei denen das Brennmaterial durch diese Oeffnung auf den Heerd gebracht wurde. Jetzt dient dieselbe, außer zum Austritt des heißen Gasstromes, auch noch zum nachträglichen Einsetzen (Nachsetzen) eines Theiles des für einen Treibe-Proceß bestimmten Bleies, welches anfänglich nicht Platz auf dem Heerde fand. — Zur ferneren Erläuterung der Einrichtung eines deutschen Treibeheerdes dient der folgende Holzschnitt, Fig. 29, *c*, welcher das Aeußere eines Ofens in perspektivischer Ansicht darstellt.

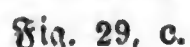
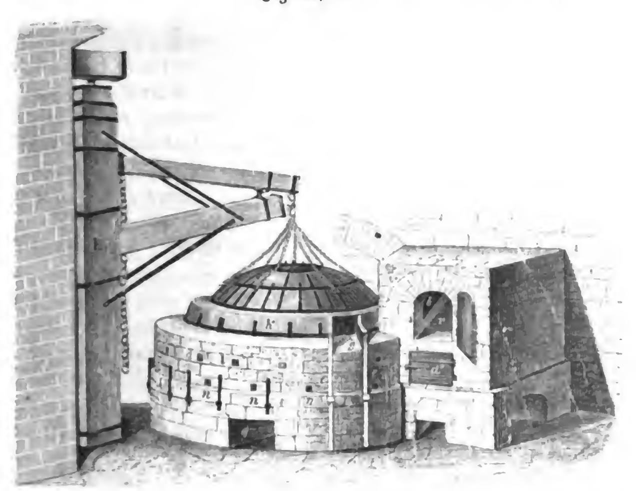


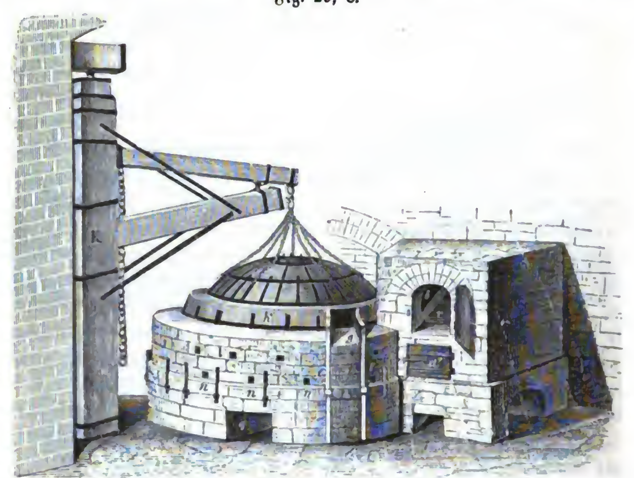
Fig. 29, c.



Teutscher Treibeheerd.

Hier ist der sogenannte Treibehut, auch Haube genannt, welcher die Stelle der Flammengewölbes vertritt, auf den Ziegelkranz *k* aufgesetzt dargestellt. Derselbe besteht aus einem Gerippe von eisernen Schienen, in

Fig. 29, c.



welchen eine große Anzahl sich nach innen wendender eiserner Doppel-Haken (Federn) eingenietet ist, die zur Befestigung des Thonbeschlages dienen, der die ganze innere Seite des kuppelförmigen Treibehutes überzieht. Zuweilen pflegt, zur noch vollkommneren Befestigung, zwischen den Federn ein Drahtflechtwerk angebracht zu seyn. Der Treibehut hat an der Stelle, wo er den Windofen berührt, eine abgeschnittene Kante, wodurch er sich über dem Flammenloche scharf an das Gemäuer des Windofens anlegt. Alle Fugen, sowohl zwischen Ziegelkranz und Treibehut, als auch zwischen Windofen und letzterem werden mit Lehm verstrichen. Vermittelst eines neben dem Treibeheerde stehenden Krahnes *K* kann der Treibehut abgehoben und zur Seite geschafft werden. Dies geschieht nach jedem zu Ende gebrachten Treibe-Proceß, um den gebrauchten Mergelheerd bequem herausschaffen und durch einen neuen ersetzen zu können. Man nennt diese Treibeheerde deshalb auch **Treibeheerde mit beweglicher Haube**, im Gegensatz zu den **Treibeheerden mit fester Haube**, welche statt des Treibehutes mit einer unbeweglichen, gemauerten Kuppel versehen sind. Diese Construktion führt aber mancherlei Unbequemlichkeiten mit sich, weshalb man sie in der neueren Zeit mehr und mehr verlassen und mit der zuvor beschriebenen vertauscht

Deutscher Treibeheerd.

hat. — In Fig. 29, c bedeutet ferner: a', die den Aschenfall verschließende eiserne Thür; r, der Rost; b, die Brücke; l, der Hauptkranz; n, n.., Abzüchte; q, die Ausmündung des einen Armes der großen Kreuz-Abzucht; g, das Glättloch; e, e, die zwei bis auf das Fundament des Ofens niedergehenden eisernen Platten, welche oben das Glättloch einfassen. Die Art der Verankerung des ganzen Ofengemäuers geht aus allen drei Figuren (a), (b) und (c) hervor.

Englischer Treibeheerd.

Einen Englischen Treibeheerd oder Treibeheerd mit beweglichem Heerde zeigt der Holzschnitt Fig. 30, a, b; (a) im Horizontal-Durchschnitt und (b) im Vertikal-Durchschnitt nach $A B$ in (a).



Fig. 30, a.

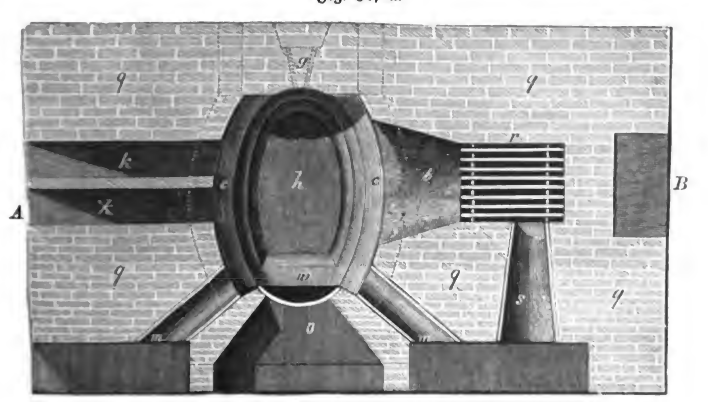
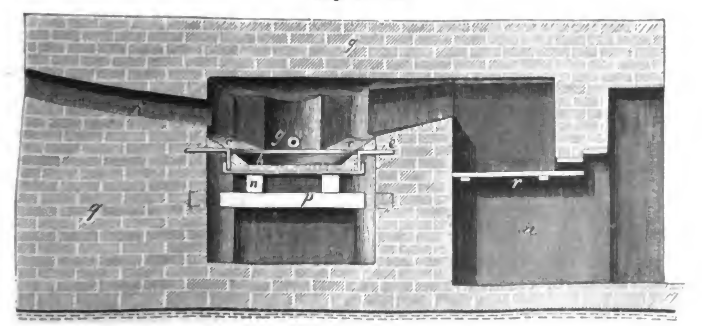


Fig. 30. b,



Englischer Treibeheerd.

Auch dieser Zug-Flammofen wird zum Abtreiben silberhaltigen Bleies angewendet. Derselbe hat keine bewegliche Haube, sondern ist oben durch ein flaches cylindrisches Gewölbe geschlossen. Sowohl hierdurch, als durch den wesentlichen Umstand, daß der sich innerhalb eines elliptischen eisernen Ringes, des Testringes, befindliche Heerd oder Test beweglich ist, unterschei-

Fig. 30, a.

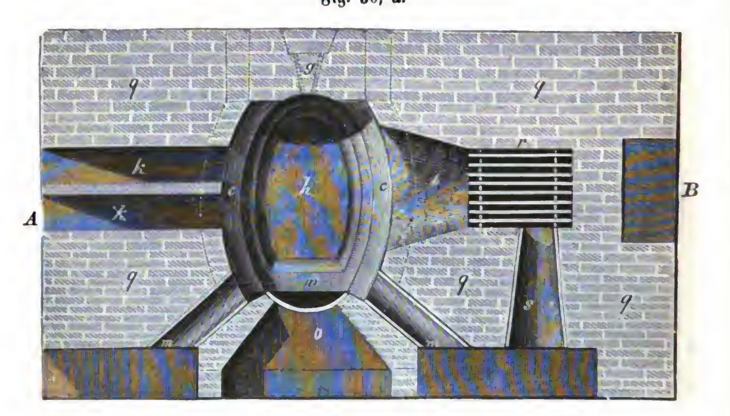
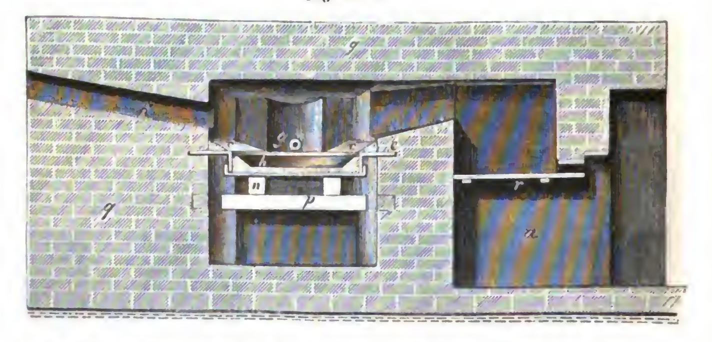


Fig. 30. b



det sich ein Englischer Treibeheerd sehr bestimmt von einem Deutschen. *a*, der Aschenfall; *r*, der Rost; *s*, das Schürloch; *b*, die Brücke mit dem darüber befindlichen Flammenloch, welches hier einen niederwärts gehenden und sich nach vorn (nach dem Heerde zu) erweiternden, kurzen Kanal bildet; *h*, der aus gebrannter, gesiebter Knochenasche bestehende Heerd. Derselbe wird

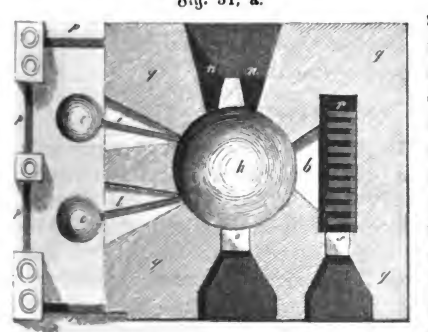
Englischer Treibheerd.

außerhalb des Ofens in dem unten mit eisernen Querschienen versehenen elliptischen Teststring geschlagen und darauf in den Ofen eingesetzt. Er ruht zunächst auf vier Steinen oder eisernen Keilen, von denen in (*b*) nur die beiden vorderen *n*, *n* sichtbar sind, und welche auf zwei im Ofengemäuer befestigten eisernen Querbalken liegen, deren vordersten, *p*, man in (*b*) gewahrt. Durch jene vier Steine oder Keile wird der Test durch die eingemauerte hufeisenförmige Eisenplatte *e e* gedrückt, über welcher die feuerfeste Thonmasse *c c* angebracht ist, deren obere Fläche, wie in (*b*) angedeutet, gegen den Test abfällt. *k*, *k*, zwei nebeneinander liegende Füchse, welche eine bessere Ausbreitung der Flamme bewirken als ein einziger Fuchs thun würde. *o*, die Arbeitsöffnung; zwischen dieser und *w*, der vorderen, abgeschnittenen Seite des Testes, ist eine nach unten führende Oeffnung (im Horizontal-Durchschnitte von der Gestalt eines Ellipsen-Abschnittes, also von der Gestalt des fehlenden Test-Stückes) angebracht, durch welche die Glätte abfließt und sich unter dem Heerde ansammelt. *m*, *m* zwei mit eisernen Platten eingefaßte Einsetzöffnungen, durch welche ein Theil des abzutreibenden silberhaltigen Bleies bis an den Test geschoben wird, wo es herunterschmilzt. *g*, die Form; *q*, *q*, *q* ..., das Ofengemäuer.

Spleißofen.

Ein Spleißofen oder Kupferspleißofen gehört ebenfalls zu der hier in Betrachtung stehenden Abtheilung der Flammöfen. Da die Construktion eines solchen im Allgemeinen viel Aehnlichkeit mit der eines Treibheerdes besitzt, so wird es einstweilen genügen, nur den horizontalen Durchschnitt dieses Ofens zu skizziren.

Fig. 31, a.



Der Proceß, zu welchem man diesen Ofen anwendet, ist derselbe wie der, welcher in einem Kupfergaarheerde (s. Heerdöfen) ausgeführt wird. Das zum Gaarmachen bestimmte Kupfer wird in dem aus Thon (zuweilen mit etwas Sand vermengt) oder aus schwerem Gestübe geschlagenen Heerd *h* eingeschmolzen, welcher ganz die Form eines Treibeheerdes hat. *s*, das Schürloch; *r*, der Rost; *b*, die Brücke; *o*, die Arbeitsöffnung; *n*, *n*, zwei Formen; *l*, *l*, zwei Oeffnungen, durch welche der größte Theil des heißen Gasstromes entweicht, und die zugleich zum Abstehen des gaargemachten flüssigen Kupfers in die beiden Spleißheerde *e*, *e*, dienen, wo

Spleißofen. dasselbe gespleißt, d. h. beim Erkalten von oben in Scheiben gerissen (abgehoben) wird. *p*, *p*, Gemäuer des Spleißheerdes, mit 3 Pfeilern versehen, die einen über dem Spleißheerde befindlichen Rauchmantel tragen; *q*, *q*, das Ofengemäuer.

4) Gefäßöfen.

Gefäßöfen. Gefäßöfen nennt man diejenigen Oefen, in denen die zu erhitzenden Substanzen in besonders dazu eingerichteten Gefäßen eingeschlossen sind, deren Wände also die Wärme durchdringen muß, um auf jene Substanzen einwirken zu können. Daß hierbei eine größere Quantität Brennmaterial verbraucht wird, als der Fall seyn würde, wenn sich die zu erhitzenden Substanzen entweder mit dem Brennmateriale oder doch mit der Flamme desselben in unmittelbarer Berührung befänden, ist leicht einzusehen; bei der Anwendung von Gefäßöfen sind aber in der Regel Gründe vorhanden, welche eine mehr oder weniger vollkommene Absonderung der zu erhitzenden Substanz von dem Brennmateriale und dessen Flamme bedingen und daher einen größeren Brennmaterial-Aufwand unumgänglich nöthig machen. — Die Construktion der zu verschiedenen Zwecken angewendeten Gefäßöfen ist sehr mannichfaltig. Entweder pflegt man dieselben nach der Form der Gefäße, welche zur Aufnahme der zu erhitzenden Substanzen dienen, oder nach den chemisch-metallurgischen Processen, welche in den betreffenden Oefen vorgenommen werden, einzutheilen. Nach der ersten Eintheilungsart zerfallen die Gefäßöfen in: Tiegelöfen, Röhrenöfen, Retortöfen und Muffelöfen, und nach der zweiten in: Gefäßöfen zur Röstung, zur Schmelzung, zur Saigerung, zur Sublimation, zur Destillation und zur Cementation. Die letztere Eintheilungsart dürfte für den vorliegenden Zweck den Vorzug verdienen.

a) Röst-Gefäßöfen.

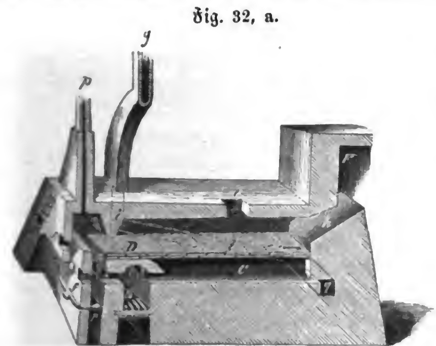
a. Röst-Gefäßöfen. Hierher gehört besonders der Arsenik-Röstofen, welcher zum oxydirenden Rösten arsenikhaltiger Erze, besonders des Arsenikkieses ($Fe As^2 + Fe S^2$) benutzt wird, um daraus weißen Arsenik (arsenichte Säure) zu gewinnen. In einem Zug-Flammofen gewöhnlicher Construktion kann dieser Proceß auf keine zweckmäßige Weise ausgeführt werden, weil sich in einem solchen die flüchtigen Röstprodukte mit den durch Verbrennung des Brennmaterials gebildeten Gasen mengen und gemeinschaftlich in die Condensations-Räume geführt werden. Diese Gase führen aber stets mehr oder weniger unverbrannte Kohlenpartikel mit sich, welche sich zugleich mit der arsenichten Säure in den Condensations-Kammern absetzen und diese verunreinigen würden. Allerdings wird der durch Röstung gewonnene weiße Arsenik noch einer Raffinirung, durch Sublimation in einem später zu beschreibenden

a. Röst-Gefäß-ofen.

Apparate unterworfen, wobei derselbe von mechanischen Verunreinigungen befreit wird; wenn sich aber Kohle unter den letzteren befindet, so reducirt diese, bei der zur Sublimation erforderlichen Temperatur, leicht einen Theil der arsenichten Säure zu metallischem, schwarzen Arsenik, welcher sich zugleich mit dem weißen Arsenik sublimirt und diesen zu gewissen Zwecken untauglich macht. Sogar schon während der Röstung arsenikalischer Erze in einem gewöhnlichen Zug-Flammofen wird ein Theil des Arseniks durch die unmittelbare Berührung mit der Flamme als metallischer Arsenik verflüchtigt. Aus diesen Gründen muß daher ein Arsenik-Röstofen eine Construktion haben, welche sowohl das Röstmaterial als das Röstprodukt von der unmittelbaren Berührung sowohl mit dem Brennmateriale selbst, als auch mit der Flamme und den gasförmigen Verbrennungsprodukten desselben, gänzlich abschließt, während zugleich für eine zweckmäßige Erhitzung des Röstmaterials und für einen hinreichenden Luftzutritt zur vollkommnen Oxydirung desselben Sorge getragen werden muß. Diese Bedingungen finden sich in einem sogenannten Muffel-Ofen erfüllt, einem Ofen nämlich, in welchem die Röstung innerhalb einer von außen erhitzten Muffel geschieht. Da jedoch die Muffeln, sowohl die thönernen als die eisernen, bei diesem Processe leicht der Zerstörung unterworfen sind, wenn sie ringsherum von der Flamme umspielt werden, so ist es vorzuziehen, die Wände derselben weniger freistehend zu machen, sondern sie so viel als möglich mit den Ofenwänden zu verbinden. Die Construktion eines solchen Ofens, in welchem also das Rösten in keiner für sich bestehenden Muffel, sondern in einem muffelförmigen Raume vorgenommen wird, giebt die folgende Figur an. Dieselbe stellt einen Arsenik-Röstofen, wie er zu Reichenstein in Schlesien angewendet wird, im perspektivischen Vertikal-Durchschnitte dar.

Muffelofen.

Fig. 32, a.

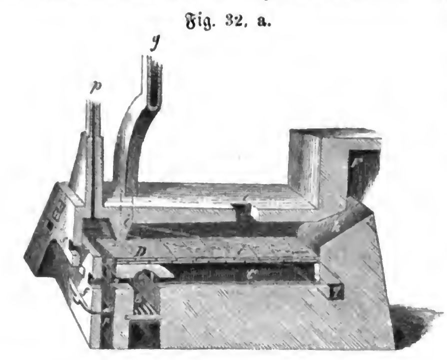


A, der Aschenfall; *B*, der Rost; *D*, der aus einer doppelten Lage feuerfester Thonplatten bestehende Heerd, auf welchem der feingepochte Arsenikkies ausgebreitet wird. Die Erhitzung desselben geschieht von unten vermittelst mehrerer parallel laufender Kanäle, von denen einer, *C*, im Durchschnitte dargestellt ist. In diese Kanäle tritt die

Muffelofen.

Flamme vom Roste her durch die Oeffnungen c, c ... ein, und aus denselben gelangt sie durch den Querkanal q, mit welchem wieder zwei andere im Seitengemäuer des Ofens angebrachte Kanäle communiciren, die in schräger Richtung zum unteren Theile der Doppelesse g hinansteigen. Nur der eine dieser letzteren beiden Kanäle, i, ist im Holzschnitte angedeutet; der andere liegt diesem gegenüber, in der Wandung vom fehlenden Theile des Ofens.

Fig. 32. a.

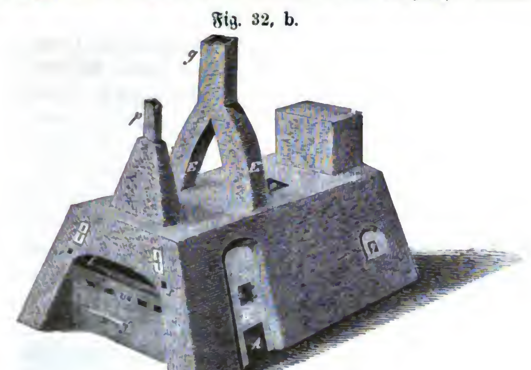


Auf diese Weise wird also der flach überwölbte Raum, auf dessen Sohle D der Arsenikkies ausgebreitet liegt, vermittelst der Kanäle C, C, von unten, und vermittelst der Kanäle i, i, von den Seiten her erwärmt, ohne daß er mit dem Brennmateriale oder den daraus entwickelten brennenden oder verbrannten Gasarten in Berührung kommt. Die durch Röstung des Arsenikkieses gebildete arsenichte Säure steigt durch den Kanal h in den Raum F empor und gelangt von hier in die Verdichtungs-Kammer. — n ist eine durch den Schieber f verschließbare schlitzförmige Vertiefung am vorderen Theile des Heerdes, durch welche der abgeröstete Arsenikkies in einen unter dem Ofen befindlichen gewölbten Raum gezogen wird, worauf man den vorher geöffneten Schieber f wieder schließt. Während des Abröstens der einen Röstpost wurde eine andere auf der Decke des Ofens vorgewärmt, welche man, nach dem Ausziehen der abgerösteten Post, durch die Oeffnung e auf den Heerd bringt. — Die folgende perspektivische Ansicht dieses Ofens wird die Construktion desselben noch verständlicher machen.

A, der Aschenfall; B', die das Schürloch verschließende Thür; f, der vorhin erwähnte Schieber; u, eine der fünf nebeneinander befindlichen Oeffnungen, durch welche, vermittelst fünf anderer entsprechenden Oeffnungen o (siehe die vorhergehende Figur) mehr oder weniger Luft in den Schürraum gelassen werden kann, um die Verbrennung des Brennmaterials vollständiger zu machen. l, die Arbeitsöffnung mit einer vor derselben angebrachten Arbeitswalze; p, ein Schornstein mit dazu gehörigem Rauchmantel, welcher den aus der Arbeitsöffnung entweichenden arsenikhaltigen Rauch aufnimmt, der sonst den Arbeiter belästigen würde; g, die Doppelesse mit ihren beiden Schenkeln E und E'.

Fig. 32, b.

Muffelöfen.



b) Schmelz-Gefäßöfen.

b. Schmelz-Gefäßöfen.

Diese sind die zahlreichsten unter den Gefäßöfen. Einige der wichtigsten derselben sind in dem Folgenden näher beschrieben.

Gewöhnlicher Windofen.

Ein gewöhnlicher Windofen, wie er zu sehr verschiedenen Zwecken

Fig 33, a. Fig. 33, b.

Gewöhnlicher Windofen.

angewendet wird, muß auch hierher gerechnet werden, weil man die in demselben zu schmelzenden Substanzen stets in einen Tiegel einschließt.

(*a*) der senkrechte Profil-Durchschnitt eines solchen Windofens; (*b*) die vordere Ansicht desselben. — Der Tiegel, welcher das zu schmelzende Material enthält, wird auf den in (*a*) sichtbaren Rost gestellt, mit Brennmaterial (Holzkohlen oder Kohks) umgeben und darauf die über dem schachtförmigen Ofenraume befindliche eiserne Fallthür niedergelassen. Die Verbrennung des Brennmaterials wird durch die in den Aschenfall eintretende und durch den Rost dringende Luft unterhalten. Die heißen Gasarten gelangen durch einen am oberen Theile des Ofens angebrachten Fuchs in eine Esse, welche, je nach ihrer Höhe, einen mehr oder weniger starken Zug und damit in Verbindung stehenden Hitzgrad hervorbringt.

Sefström'scher Gebläseofen.

Ein Sefström'scher Gebläseofen, wie ihn die beiden folgenden Holzschnitte, Fig. 34 (*a*) und (*b*) darstellen, wird ebenfalls zur Schmelzung sehr verschiedener Materialien angewendet.

Fig. 34, a.



Fig. 34, b.



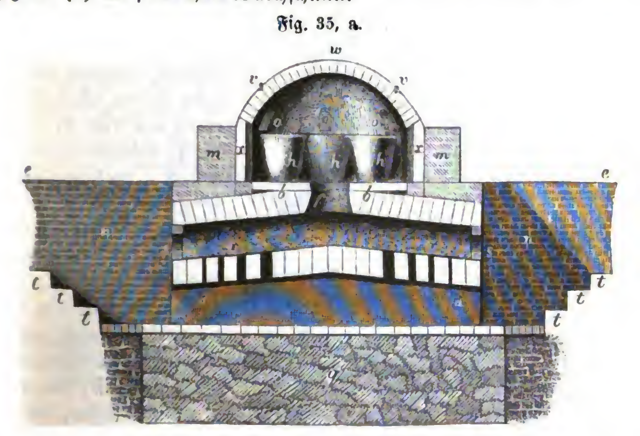
Derselbe besteht zunächst aus zwei Cylindern von starkem Eisenblech, welche vermittelst eines Blechringes *e* so mit einander verbunden sind, daß zwischen beiden ein leerer Raum *b* bleibt. Der innere mit einer feuerfesten Thonmasse *g* bekleidete Cylinder dient zur Aufnahme des Tiegels, welcher auf eine gewöhnlich aus ein paar feuerfesten Steinstücken bestehende Unterlage gesetzt wird. An einer beliebigen Stelle in dem unteren Theile des äußeren Cylinders befindet sich eine mit einem kurzen conischen Ansatze versehene Oeffnung *a*, in welcher man die Düse eines hinreichend kräftigen Blasebalges luftdicht befestigt. Die auf diese Weise in den Raum *b* eingeblasene Luft findet keinen anderen Ausweg, als durch die in der Wandung des inneren Cylinders im Kreise angebrachten Oeffnungen *o, o, o* ..., durch welche sie auf das Brennmaterial (Holzkohlen oder Kohks) strömt, und dadurch den Tiegel von allen Seiten her gleichförmig erhitzt. Diese gleich-

förmige Vertheilung eines hinreichend kräftigen Gebläsestromes ist die Ursache der hohen Temperatur, welche man binnen sehr kurzer Zeit in diesem Ofen hervorbringen kann.

Norwegischer Blaufarbenofen.

Einen **Norwegischen Blaufarbenofen**, wie er zur Fabrikation der Smalte (eines durch Kobaltoxyd blau gefärbten Glases) benutzt wird, zeigt Fig. 35 (*a*) im senkrechten Durchschnitte.

Fig. 35, a.



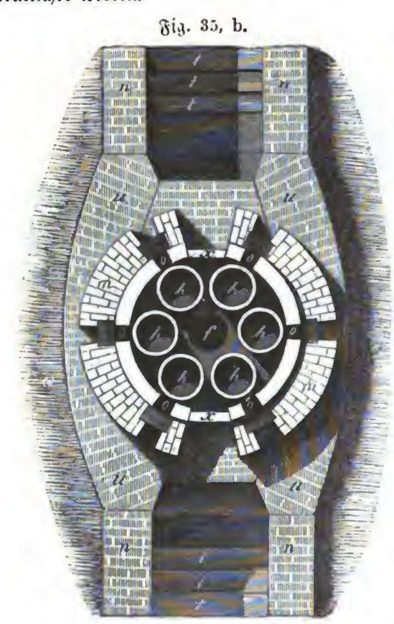
g, das Fundament; *a*, *a*, der Aschenfall; *r*, *r*, zwei schräg ansteigende, aus feuerfesten Thonsteinen gebildete Roste; *s*, *s*, zwei mit gußeisernen Einfassungen versehene Schüröffnungen; *f*, das Flammenloch, eine conische Oeffnung, durch welche die aus den beiden Schürräumen kommende Flamme in den durch das kuppelförmige Gewölbe *w* überdeckten Ofenraum tritt, und hier ihren Ausweg durch sechs (Arbeits-) Oeffnungen nimmt, von denen drei, *o*, *o*, *o*, in der abgebildeten Hälfte des Ofens sichtbar sind. Jenes kuppelförmige Gewölbe, welches aus einem sehr feuerfesten Materiale aufgeführt ist, ruht auf einer ebenfalls feuerfesten Ringmauer, welche durch eine andere, aber nur aus gewöhnlichen Ziegelsteinen bestehende ringförmige Mauer *m*, *m*, eingefaßt wird, und durch dieselbe an Stärke gewinnt. Auf der Sohle des Ofens, der sogenannten **Bank**, *b*, *b*, stehen, rings um das Flammenloch *f*, sechs große Schmelztiegel, **Häfen**, von denen im Durchschnitts-Risse nur drei, *h*, *h*, *h*, gesehen werden. Die Linie *e*, *e* zeigt das Niveau der Hüttensohle (des Erdbodens) an; der unter *e*, *e* befindliche Theil des Ofens liegt unter der Hüttensohle. Vermittelst der an zwei einander gegenüberliegenden Seiten angebrachten Stufen *t*, *t*, *t*..., kann man zu dem Aschenfalle und den Schürlöchern gelangen. Die vorerwähnten sechs Ar-

8*

Norwegischer Blaufarbenofen.

beits-Oeffnungen $o, o, o \ldots$, sind während des Schmelzprocesses durch vorgesetzte Thonplatten theilweise verschlossen, damit die Flamme nicht zu leicht aus dem Ofen entweicht, wodurch die Temperatur innerhalb desselben vermindert werden würde. — Durch den folgenden Holzschnitt, welcher diesen Ofen in einer Ansicht von oben zeigt, wird die Einrichtung desselben noch deutlicher werden.

Fig. 35, b.



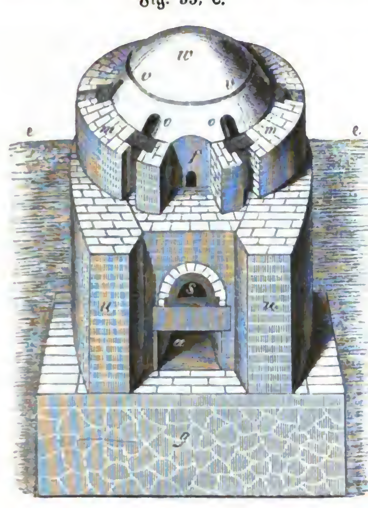
Das kuppelförmige Gewölbe ist hier als fehlend gedacht, wodurch man die sechs Häfen, $h, h, h, \ldots$ rings um das Flammenloch stehend gewahrt. $o, o, o \ldots$, die sechs Arbeitsöffnungen; m, m, die äußere Ringmauer, welche, wie aus der Zeichnung zu ersehen, bei jeder Arbeitsöffnung und außerdem noch an zwei einander gegenüberliegenden Stellen, x, x, durchbrochen ist, um hier, in gewissen Fällen, bis zur inneren Ringmauer und auch in das Innere des Ofens gelangen zu können. x, x, zwei große, durch feuerfeste Thonplatten zugesetzte Oeffnungen, welche besonders zum Herausnehmen der schadhaft gewordenen und zum Einsetzen neuer Häfen dienen. u, u, zwei elliptische Umfassungs-Mauern, zum Zusammenhalten des unteren Ofengemäuers, in welchem sich Aschenfall, beide Roste und Schürräume befinden; e, e, die Hüttensohle; $t, t, t \ldots$, Stufen, welche von der Hüttensohle in den zwischen den Mauern n, n befindlichen Raum führen, um zu dem Aschenfalle und den Schürlöchern gelangen zu können. — In Fig. 35 (c) ist das Aeußere eines Norwegischen Blaufarbenofens perspektivisch dargestellt.

g, das Fundament; a, der Aschenfall; s, das eine der beiden mit einer gußeisernen Einfassung versehenen Schürlöcher; u, u, die beiden elliptischen Umfassungsmauern (siehe die vorhergehende Figur); e, e, die Hüttensohle; x, die eine der beiden vorerwähnten, durch vorgesetzte thönerne Platten ver-

schlossenen Oeffnungen zum Einsetzen und Herausnehmen der Häfen. Am unteren Theile jeder dieser Platten ist eine kleine in der Zeichnung angedeutete Oeffnung angebracht, die gewöhnlich durch einen Thonstein verschlossen gehalten, zu gewissen Zwecken aber geöffnet wird. *o, o, o...*, die sechs Arbeitsöffnungen; *w*, das Kuppelgewölbe, welches, zur größeren Haltbarkeit, mit einem starken eisernen Ringe *v* umgeben ist, an welchem sich ein sogenanntes Schloß befindet, eine Vorrichtung nämlich, durch welche der Ring mehr oder weniger angespannt werden kann.

Norwegischer Blaufarbenofen.

Fig. 35. c.



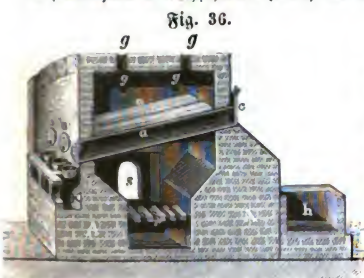
c) Saiger-Gefäßöfen.

c. Saiger-Gefäßöfen.

Einen Wismuth-Saigerofen älterer Construktion stellt Fig. 36 im senkrechten Durchschnitte (durch die Mitte des Ofens) dar.

Wismuth-Saigerofen älterer Construktion.

Fig. 36.

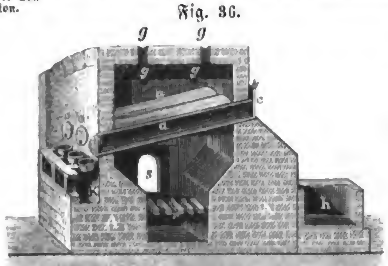


a, a,..., eiserne Röhren, welche mit dem der Saigerung zu unterwerfenden Wismutherze gefüllt werden. Die Röhren sind in geneigter Lage in den Ofen eingemauert, damit das ausgesaigerte Wismuth durch die am vorderen Ende derselben angebrachten Oeffnungen *i, i,...* leicht abfließt, und sich in den darunter stehenden Schalen *o, o,...* ansammelt. Um es in diesen vor dem Erstarren zu schützen, da es ausgeschöpft und in Formen gegossen werden muß, steht jede der Schalen über einer parallelepipedischen Vertiefung *k*, in welche glühende Kohlen gelegt

Wismuth-Saigerofen älterer Construktion.

werden. Am hinteren, erhöht liegenden Ende jeder der Röhren befindet sich eine Vorrichtung *c* zum Verschließen derselben, welche während des Erz-Einfüllens (Ladens) und bei der Herausschaffung des ausgesaigerten Erzes weggenommen wird. Letzteres bringt man in den eisernen Kasten *h*. *A*, *A*, das untere Gemäuer des Ofens, in welchem sich der Aschenfall und der Rost *r* befinden; *s*, das eine der beiden durch eiserne Thüren verschließbaren Schürlöcher. Das andere Schürloch befindet sich diesem gegenüber. *g*, *g*, . . ., Zugöffnungen, durch welche der heiße Gasstrom entweicht.

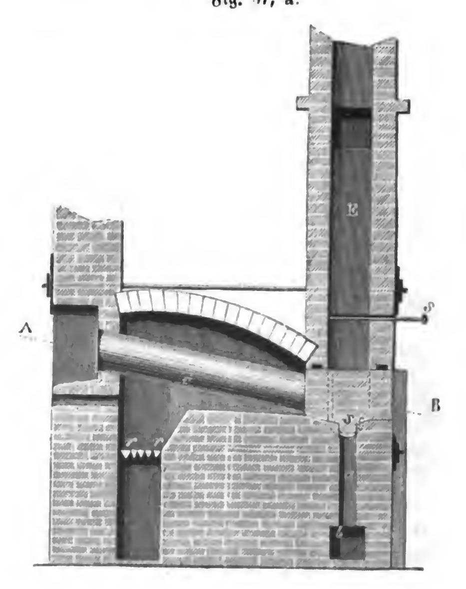
Fig. 36.



Wismuth-Saigerofen neuerer Construktion.

Einen **Wismuth-Saigerofen neuerer Construktion** (nach **Plattner's** Angabe) zeigt Fig. 37 (*a*) und (*b*). Der Holzschnitt (*a*) ist ein lothrechter Durchschnitt nach der Linie *C D* in (*b*), und (*b*) ein horizontaler Durchschnitt nach *A B* in (*a*).

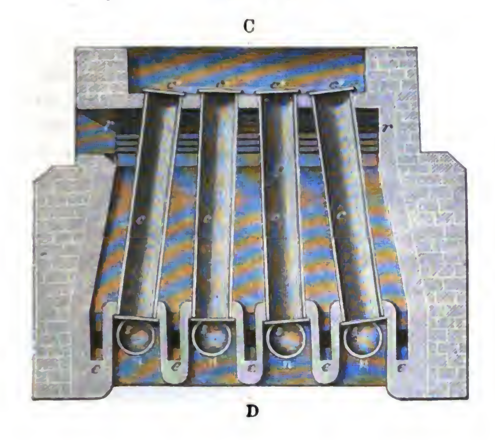
Fig. 37, a.



r, *r*, der Rost; *c*, *c*, *c*, *c*, vier gußeiserne Röhren, von derselben Einrichtung wie bei dem vorbeschriebenen Ofen. Durch die erhöht liegenden Enden

Wismuth-Saigerofen neuerer Construktion.

Fig. 37, b.



c', *c*', .. werden dieselben gefüllt. *s*, *s*, *s*, *s*, vier eiserne Schalen zur Ansammlung des ausgesaigerten Wismuths, welche in entsprechenden Vertiefungen des gemauerten Absatzes *n*, *n*, .. stehen. Die Flamme steigt vom Roste aus in die Höhe, umspielt die eisernen Röhren und entweicht durch die zwischen denselben und außerhalb der beiden äußersten vorhandenen fünf Essen *e*, *e*, *e* . ., welche nach oben in eine gemeinschaftliche, größere Esse *E* ausmünden, und in denen der Zug durch fünf Schieber regulirt wird, deren einer, *s*, in (*a*) zu sehen ist. Die durch den heißen Gasstrom in die Essen geführte Asche fällt durch einen unter jeder derselben angebrachten senkrechten Kanal *a* in den horizontalen Sammlungsraum *b*, aus welchem sie leicht entfernt werden kann.

d) Destillir-Gefäßöfen.

d. Destillir-Gefäßöfen.

Die Construktion eines Quecksilber-Destillirofens mit Retorten ergiebt sich aus den Holzschnitten Fig. 38 (*a*) und (*b*) [siehe folgd. Seite], welche einen solchen Ofen im senkrechten Querdurchschnitte und in der oberen Ansicht darstellen.

Retortenofen für Quecksilber.

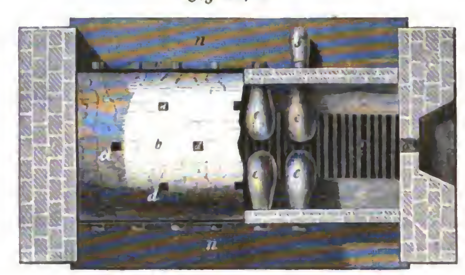
Retortenofen für Quecksilber.

Der eigentliche Ofen besteht aus einem durch das Gewölbe b überdachten parallelepipedischen Raume, in welchem, auf jeder der beiden langen Seiten, zwei Reihen eiserner Retorten, $e, e, e, \ldots$, die eine über der anderen liegen. Die Hälse dieser Retorten münden durch die langen Seitenmauern des Ofens in die Vorlagen $f, f, f, \ldots$ aus, welche auf eisernen Unterlagen $n, n, n, \ldots$ ruhen. Die Erhitzung aller dieser Retorten geschieht von dem sich durch den ganzen Ofen ziehenden Roste r aus, unter welchem der Aschenfall a in dem Gemäuer m, m liegt. Das Brenn-

Fig. 38, a.



Fig. 38, b.



material wird durch die beiden Schüröffnungen, von denen nur die eine, o, sichtbar ist, auf den Rost gebracht. Der heiße Gasstrom und ein Theil der Flamme entweichen durch die Zugöffnungen $d, d, d, \ldots$, welche so vertheilt sind, daß dadurch eine möglichst gleichförmige Erhitzung aller vier Retortenreihen bewirkt wird. Da die langen Seitenmauern des Ofens verhältnißmäßig nur schwach sind, und durch das Gewölbe b leicht von einander gedrängt werden könnten, so wird letzteres durch Kreuzeisen x, x gehalten, welche oben in dem eisernen Bogen z festsitzen. Solcher Kreuzeisen und eisernen Bögen sind zwei oder mehrere angebracht, denen letzteren die eisernen Balken v, v zur Unterlage dienen. In der oberen Ansicht des Ofens, (b), sind diese Bögen, da sie einen Theil des darunterliegenden Gemäuers verdecken würden, nicht angegeben. Ingleichen ist in dieser Ansicht ein Theil des Gewölbes b, in welchem sich die Zugöffnungen $d, d, d, \ldots\ldots$ befinden, als abgebrochen dargestellt, wodurch das Innere des Ofens aufgedeckt und die Retortenreihen, der Rost u. s. w. sichtbar gemacht werden.

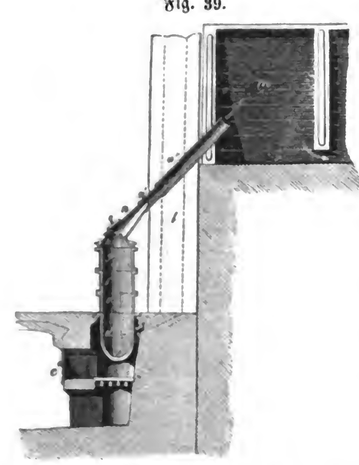
e) Sublimir-Gefäßöfen.

e. Sublimir-Gefäßöfen.

Arsenik-Sublimir-Ofen.

Ein Arsenik-Sublimir-Ofen, welcher zur Raffinirung des weißen Arseniks (der arsenichten Säure) dient, ist in Fig. 39 abgebildet.


Fig. 39.



Das Material zur Sublimation wird in den eingemauerten Kessel *d* gebracht, auf dessen Rand die eisernen Ringe *e*, *f* und *g* gesetzt werden. Auf dem obersten dieser Ringe kommt der Hut *h* zu stehen, und mit diesem setzt man, in schräger Richtung, die eisernen Röhren *n*, *n'* und *n''* in Verbindung, von denen die letztere in die Condensations-Kammer *m* führt. Durch die vermittelst einer eisernen Thür *c* verschließbare Schüröffnung wird das Brennmaterial auf den Rost gebracht, und während der durch Verbrennung desselben gebildete heiße Gasstrom durch den Fuchs *s* in die Esse *l* tritt, wird der Kessel erwärmt, die arsenichte Säure verflüchtigt und ein Theil derselben an den kälteren Wandungen des darüber befindlichen Apparates condensirt. Der untere Theil *i* des Kessels, welcher, weil er am stärksten erhitzt wird, am leichtesten der Zerstörung unterworfen ist, pflegt zum Abschrauben eingerichtet zu seyn, wodurch man es vermeidet, betreffenden Falles den ganzen Kessel kassiren zu müssen.

f) Cementir-Gefäßöfen.

f. Cementir-Gefäßöfen.

Diese Oefen, welche man ausschließlich zur Stahlbereitung aus Stabeisen benutzt, werden auf verschiedenen Hüttenwerken von verschiedener Construktion angewendet; alle haben jedoch das mit einander gemein, daß das Glühen der von Kohlenpulver umgebenen Stabeisenstäbe in großen Kästen aus feuerfestem Thone geschieht.

Stahl-Cementir-Ofen.

Einen solchen Stahl-Cementir-Ofen zeigt Fig. 40 (*a*) (*b*) und (*c*) (siehe die folgende Seite). (*a*) ist die äußere Ansicht desselben, (*b*) ein Vertikal- und (*c*) ein Horizontal-Durchschnitt.

Stahl-Cementir-Ofen.

Fig. 40, a.



Fig. 40, b.



Fig. 40, c.

Zwei feuerfeſte Thonkäſten *C*, *C*, in denen das Cementiren der Stabeiſenſtäbe vorgenommen wird, ſtehen in dem abgebildeten Ofen neben einander. Wegen der Größe dieſer Käſten und der hohen Temperatur, welche ſie aushalten müſſen, iſt es nothwendig, die Wandungen derſelben, um ſie ſo viel als möglich vor dem Reißen und Werfen zu bewahren, durch ringsherum eingeſetzte feuerfeſte Thonplatten, wie ſolche in (*b*) und (*c*) abgebildet ſind, zu unterſtützen. Der Boden der Käſten ruht auf entſprechenden Unterlagen von Thonſteinen, zwiſchen denen ſich die zur Circulation der Flamme nöthigen Zwiſchenräume befinden. Auf den über dem Aſchenfall *b* angebrachten Roſt *g* wird das Brennmaterial (Steinkohle) gelegt, deſſen Flamme durch alle Räume *e*, *e*, *e*, ... und *i*, *i*, *i*, ... zwiſchen den eingeſetzten Thonſteinen emporſteigt, und durch die Kanäle *o*, *o*, *o*, ... ihren Ausweg in den überwölbten Raum *B* findet, welcher zum vorläufigen Brennen neuer Thonkäſten benutzt wird. Durch die gewöhnlich noch mit einem

Essen-Aufsatze versehene Oeffnung *D* gelangt der heiße Gasstrom in's Freie. — *a*, das durch eine eiserne Thür verschlossene Schürloch; *b'*, eine der drei eisernen Thüren, welche den Aschenfall verschließen; *A*, eine Oeffnung, durch welche das Füllen und Leeren der Thonkästen geschieht; *c*, *c*, zwei Oeffnungen, durch welche man während des Processes, vermittelst einer Zange, in das Innere des Ofens gelangen kann, um Probestäbe herauszunehmen.

Stahl-Cementir-Ofen.

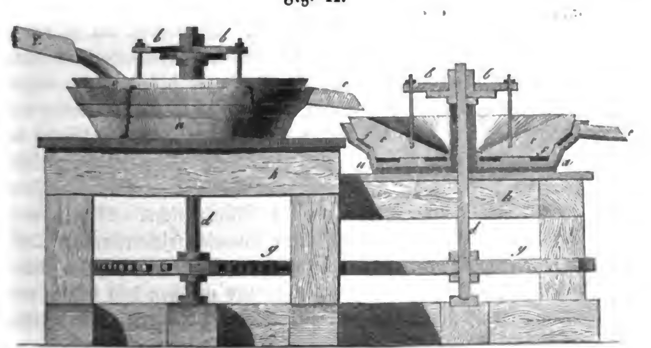
II. Von den Apparaten zu den chemisch-metallurgischen Processen auf dem nassen Wege.

Die verhältnißmäßig wenigen Apparate, welche bei dieser Abtheilung der metallurgischen Processe benutzt werden, sind zum Theil ganz derselben Art wie die, welche der Chemiker in seinem Laboratorium gebraucht, wie z. B. Retorten, Kolben, Filtrir-Apparate, Solutions- und Präcipitations-Gefäße u. s. w., nur mit dem Unterschiede, daß diese bei den metallurgischen Processen, also im Großen angewendeten Apparate sich in der Regel durch ihr bedeutenderes Volumen und zuweilen auch durch ihre größere Haltbarkeit vor den sehr ähnlichen Vorrichtungen des Chemikers auszeichnen. Bei den letzteren kommt es weniger auf Billigkeit als auf eine vollkommen zweckmäßige Beschaffenheit an; bei den ersteren müssen dagegen beide Anforderungen so viel als möglich erfüllt seyn. In vielen Fällen, in denen der Chemiker Gefäße von Glas anwendet, muß sich der Metallurg mit weniger kostbarem Material, wie Holz, Blei u. s. w. zu helfen suchen. — Einige der hierher gehörigen Apparate sind inzwischen von eigenthümlicher Construktion. Als Beispiele sind hier folgende derselben beschrieben.

Eine Gold-Amalgamir-Mühle, welche man anwendet, um Gold aus goldhaltigem Sande vermittelst Quecksilbers zu extrahiren, zeigt Fig. 41.

Gold-Amalgamir-Mühle.

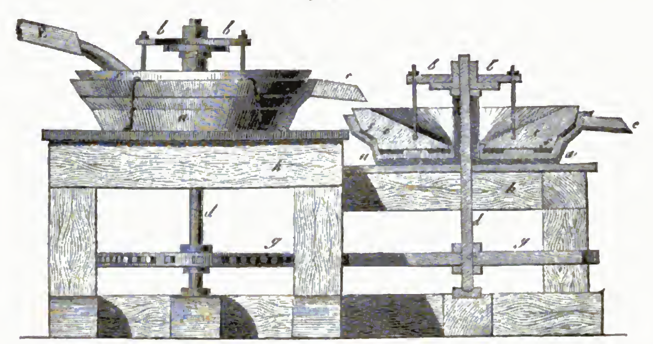
Fig. 41.



Gold-Amalgamir-Mühle.

Da durch die Behandlung des goldhaltigen Sandes in einer einzelnen Mühle dieser Art nur ein Theil des Goldes extrahirt wird, so sind stets zwei oder mehrere derselben auf die Weise neben einander gestellt und mit einander verbunden, daß der durch einen Wasserstrom aufgeschwemmte goldhaltige Sand von der einen Mühle zur anderen geführt wird.

Fig. 41.



Der Holzschnitt stellt zwei solche zusammengehörige Amalgamir-Mühlen dar. Der den goldhaltigen Sand mit sich führende Wasserstrom gelangt durch das schräg liegende Gerinne *E* zuerst in die obere Mühle, und von dieser durch das Gerinne *e* in die untere. Erstere ist im Profil und letztere im Profil-Durchschnitt abgebildet. Gleiche Buchstaben bezeichnen gleiche Theile bei beiden Mühlen, deren Construktion genau dieselbe ist. *a*, der schüsselförmige gußeiserne Mühlbottich, welcher auf dem aus starken Balken gezimmerten Mühlstuhle *h* befestigt ist. In der Mitte des Bodens desselben befindet sich eine runde Oeffnung, in welche eine senkrecht aufwärts gehende eiserne Röhre eingesetzt ist. Vermittelst des Rades *g* wird die durch diese Röhre gehende eiserne Achse *d* in rotirende Bewegung gesetzt, und da dieselbe vermittelst des Quergestänges *b*, *b* und der davon niederwärts gehenden eisernen Stangen mit dem Läufer *c* in Verbindung steht, so wird hierdurch auch dieser zum Rotiren gebracht. Der Läufer besteht aus einem massiven Stücke Holz, dessen dem Mühlbottich zunächst liegende Seiten, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, ganz ähnliche Contouren haben, wie die innere Oberfläche des Mühlbottichs. Mitten durch den Läufer geht eine oben breite und unten schmale, trichterförmige Oeffnung, in welche die goldhaltige Trübe (das den Goldsand aufgeschwemmt haltende Wasser) einströmt, und sich von da aus zwischen dem Läufer und der Wandung des Mühlbottichs verbreitet. Durch mehrere vorspringende

Gold-Amalgamir-Mühle.

eiserne Kämme f, f, ..., welche an den unteren Seiten des Läufers befestigt sind und in das Wasser hineinragen, wird letzteres zwischen Läufer und Mühlbottich gleichfalls in rotirende Bewegung gesetzt, und der goldhaltige Sand kommt auf diese Weise in vielfache Berührung mit der Quecksilberschicht, die den Boden des Mühlbottichs bis zu einer solchen Höhe bedeckt, daß die untersten jener eisernen Kämme in das Quecksilber eingreifen und auch dieses rotiren machen. Auf diese Weise werden die in dem rotirenden Wasserstrome aufgeschwemmten Goldpartikel in Berührung mit dem Quecksilber gebracht und von demselben aufgelöst. Da fortwährend neue goldhaltige Trübe durch die trichterförmige Vertiefung des Läufers in den Mühlbottich gelangt, so strömt die theilweise entgoldete Trübe durch das Gerinne *e* auf die folgende Mühle, und wird hier einer ähnlichen Behandlung unterworfen.

Amalgamir-Faß

Ein Amalgamir-Faß, wie es bei der gewöhnlichen Europäischen Amalgamation angewendet wird, besteht im Wesentlichen aus einem tonnenförmigen Gefäße, welches durch eine einfache Maschinerie um seine horizontalliegende Achse gedreht wird.

Fig. 42.



In der Mitte jedes seiner flachen Böden ist dasselbe mit einem eisernen Zapfen versehen, welcher auf einem Zapfenlager *c* ruht. Die durch die Mittelpunkte beider Zapfen gehende Linie ist genau horizontal und fällt mit der Achse des Fasses zusammen. In der Peripherie des einen Faßbodens befindet sich das Stirnrad *e*, in welches ein anderes, im Holzschnitte nicht abgebildetes Rad eingreift. Das dem ersteren Rade zunächst liegende Zapfenlager *c* kann vermittelst der Schraube *d* verschoben werden, wodurch man es in seiner Gewalt hat, das Stirnrad *c* von dem in dasselbe eingreifenden Rade zu entfernen, also das Faß zu arretiren, ohne nöthig zu haben, die ganze Bewegungs-Maschinerie, welche mehrere solcher Fässer zugleich rotiren macht, in Stillstand zu versetzen. *a, a,...* und *b, b,...*, Theile des Balkengerüstes, auf welchem Faßzapfen ruhen; *o*, ein Spund, durch den das Füllen und Leeren des Fasses geschieht.

Extraktions-Faß.

Ein Extraktions-Faß, zur Extrahirung des (durch chlorirende Röstung in Chlorsilber umgewandelten) Silbers aus Silbererzen und silberhaltigen Schmelz-Produkten, nach der Augustin'schen Methode, hat im Allgemeinen die Construktion eines gewöhnlichen Auslaugefasses. Es ist ein unten mit einem Hahne versehener hölzerner Bottich, auf dessen festen Boden

Extraktions-Faß. ein beweglicher gelegt wird, bestehend in einem zu unterst liegenden Holzkreuze und einer darüber befindlichen runden Scheibe von Korbgeflecht, über welche Leinwand oder Zwillich ausgebreitet wird. Auf diese Unterlage bringt man das zu extrahirende pulverförmige Material, so daß oben nur ein kleiner Theil des Fasses davon unausgefüllt bleibt, worauf man die Masse mit concentrirter Kochsalzlauge imprägnirt, welche, in dem Maaße als sie das Leinwand-Filtrum durchdringt und durch den geöffneten Hahn in ein ähnliches, tiefer stehendes Extraktions-Faß abläuft, von oben wieder durch neuen Zufluß ersetzt wird. Auf der über dem Schliche (Erz-Pulver) stehenden Kochsalzlauge ist ein Schwimmer angebracht, nämlich eine runde durchlöcherte Holzscheibe, von etwas geringerem Durchmesser als die obere Faß-Peripherie im Lichten. Auf diesen Schwimmer fließt der dünne Strahl der hinzuströmenden Kochsalzlauge und wird durch denselben gleichmäßig vertheilt, wodurch man verhindert, daß jener Strahl nach und nach Vertiefungen in der Masse des Schliches ausgräbt, durch welche die extrahirende Lauge vorzugsweise ihren Weg nehmen und entfernter liegende Theile der Masse weniger berühren, also auch weniger entsilbern würde.

III. Von den Apparaten zu den mechanisch-metallurgischen Processen.

Wie bereits in dem von den metallurgischen Processen im Allgemeinen handelnden Abschnitte bemerkt wurde, haben die mechanisch-metallurgischen Processe nur eine sehr untergeordnete Wichtigkeit für den Metallurgen. Einen großen Theil der zu denselben erforderlichen Apparate ist hier nicht am rechten Orte zu beschreiben, da ganz ähnliche Vorrichtungen in anderen Lehrzweigen der Technik, namentlich in der Bergbaukunde, ausführlich beschrieben werden. Aus diesem Grunde wird es genügen, hier nur beispielsweise die Beschreibung einiger Apparate zu geben, welche für die metallurgischen Processe eigenthümlich sind, mehrere andere, weniger eigenthümliche Vorrichtungen aber nur in Kürze zu erwähnen.

Die wichtigsten der hierher gehörigen Apparate lassen sich in vier Klassen bringen, nämlich in Zerkleinerungs-Apparate, Trennungs-Apparate, Meng-Apparate und Streck-Apparate.

A. Zerkleinerungs-Apparate.

Zerkleinerungs-Apparate. Zu diesen gehören Pochwerke, Quetsch-Walzwerke, Mühlen und Kugeltonnen.

1. Pochwerke. Die Pochwerke, von denen sowohl sogenannte trockne als nasse Pochwerke angewendet werden, sind im Allgemeinen ganz von derselben Construktion wie die, welche der Bergmann zur Aufbereitung der Erze gebraucht. Nasse Pochwerke nennt man solche, durch deren Pochtrog (die

trogförmige Vorrichtung, in welcher das Pochen der betreffenden Substanzen vermittelst der Pochstempel geschieht) ein Wasserstrom geleitet wird, der die bereits bis zu einer gewissen Feinheit des Korns gebrachten Partikel mit sich fortführt. Bei einem trocknen Pochwerke findet diese Anwendung des Wassers nicht Statt. Die trocken gepochten Substanzen verbleiben so lange im Pochtroge, bis der größte Theil derselben hinreichend zerkleinert ist; dieser feingepochte Theil wird vermittelst eines Siebes oder einer ähnlichen Vorrichtung von dem Groben getrennt und darauf in den Pochtrog zurückgeschüttet, um von Neuem gepocht zu werden.

1. Pochwerke.

2. Quetsch-Walzwerke.

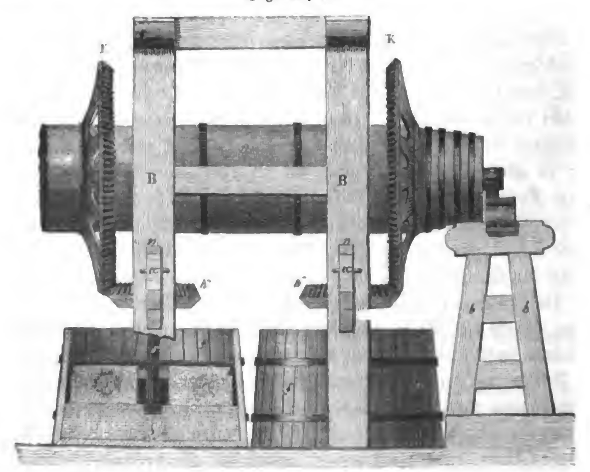
Die Quetsch-Walzwerke, welche man besonders zum gröblichen Zerkleinern von Erzen benutzt, bestehen hauptsächlich aus einem Paare oder mehreren Paaren gußeiserner, cannelirter Walzen. Zwei solcher Walzen ruhen mit ihren Zapfen neben einander auf einer festen Unterlage. An dem einen Ende jeder Walze ist ein Stirnrad befestigt, welche beiden Räder in einander greifen; wird also das eine derselben durch ein drittes Rad in Bewegung gesetzt, so bewegen sich beide Walzen in entgegengesetzter Richtung, und die zu zerkleinernden Erzstücke, welche zwischen die Walzen geschüttet werden, werden von den Cannelüren derselben ergriffen und zermalmt. Durch die weitere oder engere Stellung der Walzen erhält man hierbei größere oder kleinere Bruchstücke. Soll das Erz auf diese Weise bis zum feinen Korne zerkleinert werden, so sind mehrere Walzenpaare, das eine unter dem andern, angebracht, und die Erzbruchstücke fallen, nachdem sie das erste (obere) Walzenpaar passirt haben, auf das folgende (untere), dessen Walzen enger an einander gestellt sind als die des ersten. Zuweilen bringt man unter dem oberen Walzenpaare zwei nach entgegengesetzten Seiten hin schieflaufende Ebenen an, um die von jenem kommenden Bruchstücke nach zwei Seiten zu vertheilen und zwei unteren Walzenpaaren zuzuführen. Bei sehr harten und zugleich zähen Erzen ist es erforderlich, daß die eine der Walzen eines Walzenpaares beweglich gemacht wird, damit dieselbe, wenn zu große Erzstücke zwischen die Walzen gelangen, ausweichen und dadurch Beschädigungen der Maschinerie verhindern kann. Zugleich ist es in diesem Falle nothwendig, daß die ausgewichene Walze wieder an ihre frühere Stelle zurückgeführt wird, sobald das zuviel Widerstand leistende Erzstück die Walzen passirt hat. Dies wird einfach dadurch erreicht, daß gegen die Zapfen der beweglichen Walze zwei hinreichend beschwerte Hebel drücken, welche die Walze, nach dem Aufhören des starken Widerstandes, der dieselbe zum Ausweichen brachte, wieder an ihre vorige Stelle schieben. Das Aufschütten der Erzstücke auf das einzige oder, im Fall mehrere Walzen vorhanden sind, auf das obere Walzenpaar geschieht durch eine Art Trichter, ein umgekehrt pyramidenförmiges, unten und oben offenes Gefäß. — Eine nähere, durch Zeichnungen unterstützte Beschreibung verschiedener

3. Mühlen.

Quetsch-Walzwerke findet man in Karsten's Metallurgie, Bd. II., S. 104—117.

Auch bei den Mühlen unterscheidet man trockne und nasse Mühlen. Die ersteren pflegen, der Hauptsache nach, ganz die Einrichtung gewöhnlicher Kornmühlen zu haben, mit Ausnahme der sogenannten Walz-Mühlen. Diese haben folgende einfache Einrichtung. Zwei senkrecht stehende, durch eine gemeinschaftliche horizontale Achse verbundene Mühlsteine oder auch zwei ähnlich verbundene, hohe, gußeiserne Walzen werden auf einer horizontalen Unterlage im Kreise herumgeführt und zerdrücken auf diese Weise die auf jene Unterlage geschütteten, innerhalb ihres ringförmigen Weges befindlichen Substanzen. Die horizontale Achse, welche beide Mühlsteine oder beide Walzen mit einander verbindet, ist nämlich in ihrer Mitte an einen senkrecht stehenden Wellbaum befestigt, der durch Pferde, die man an eine in demselben steckende Deichsel spannt, um sich selbst bewegt wird. — In den nassen Mühlen wird die unter die Mühlsteine gebrachte, zu mahlende Substanz mit mehr oder weniger Wasser überschüttet, wodurch der Erhitzung der Mühlsteine und dem Verstäuben vorgebeugt wird. Natürlich können nur solche Substanzen naß gemahlen werden, auf die das Wasser keine schädliche Einwirkung ausübt. Da die nassen Mühlen mehrere Eigenthümlichkeiten in ihrer Construktion besitzen, und bei einem wichtigen metallurgischen Processe (der Smalte-Fabrikation) angewendet werden, so ist hier die Abbildung einer solchen gegeben.


Fig. 43, a.



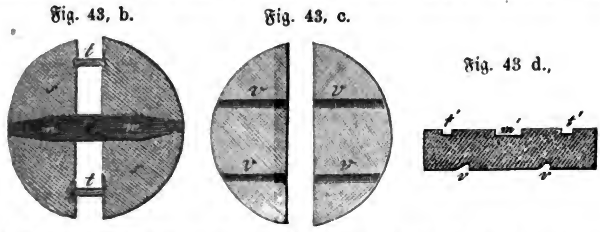


Fig. 43, b. Fig. 43, c. Fig. 43 d.,

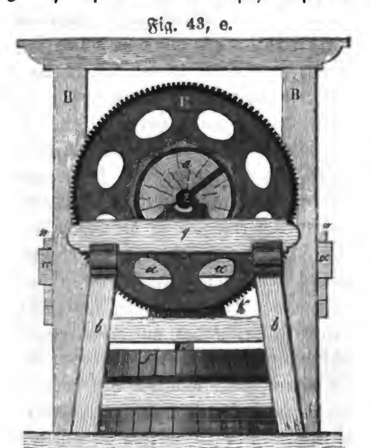
Doppelte Smaltemühle.

Fig. 43, *a* zeigt eine doppelte Smalte-Mühle im Profil; (*b*), (*c*) und (*d*) sind verschiedene Ansichten der Mühlensteine, (*b*) eine Ansicht des aus zwei Theilen bestehenden Läufers von oben, (*c*) eine Ansicht desselben von unten, und (*d*) eine Seiten-Ansicht des einen Läufertheiles. Der durch ein Wasserrad umbewegte Wellbaum *a* ruht mit einem seiner Zapfen, *z*, auf der Pfannen-Unterlage *q*, welche das obere Stück des Pfannenstuhles *b*, *b* ausmacht. Die beiden am Wellboume befestigten konischen Räder *K*, *K* greifen in zwei kleinere, horizontale konische Räder *k*, *k* ein, deren Achsen die im Querschnitte quadratischen Mühlspindeln bilden, von denen (im Durchschnitte des einen Mühlbottichs) die eine, *r*, zu sehen ist. Diese senkrecht stehenden, rotirenden Mühlspindeln ruhen mit ihren unteren Achsen in einer Metallpfanne, welche zum Theil in den Bodenstein *S* eingelassen ist, während sich ihre oberen Zapfen in Pfannen drehen, welche in den Querbalken *α*, *α* befestigt sind, deren Köpfe in zwei Schlitzen *n*, *n* des Mühlstuhles *B B* sichtbar sind. Durch Keile, die in den Schlitzen, oberhalb oder unterhalb der Querbalken, angetrieben werden, kann man die letzteren sowohl tiefer als höher rücken, wodurch es möglich wird, die Mühlspindeln nöthigenfalls leicht aus ihren Zapfenlagern zu bringen. Jede der Mühlspindeln ist durch die in der Mitte des Mühleisens *m* befindliche quadratische Oeffnung gesteckt, und dadurch mit letzterem hinreichend verbunden. Das Mühleisen liegt auf den beiden Läuferstücken *s*, *s* [siehe (*a*) und (*b*)], und zwar theilweise in einer entsprechenden, auf der oberen Seite des Läufers eingehauenen Vertiefung *m'* [siehe (*d*)]. Zugleich ist das Mühleisen an beiden Enden mit einem hakenförmigen Ansatze versehen [siehe (*a*)], welcher ebenfalls in entsprechende Vertiefungen des Läufers eingreift. Durch die zwei Spannhölzer *t*, *t* [siehe (*b*)] werden die beiden Läufer gegen diese Haken-Vorsprünge gedrückt und dadurch während der ihnen mitgetheilten rotirenden Bewegung in ihrer relativen Lage erhalten. *v*, *v*, *v*, *v* [siehe (*c*)] sind rinnenartige Vertiefungen, deren Seiten-Ansicht man in (*d*) gewahrt; *t'*, *t'*, Vertiefungen, in welche die Spannhölzer *t*, *t* eingezwängt werden. Die Läufer und der Bodenstein sind von dem mit eisernen Reifen umspannten hölzernen Mühlfasse *f* [siehe (*a*)] umgeben, in dessen Wandung sich

Doppelte Smaltemühle.

die durch einen Holzpfropf verschlossene Zapföffnung *o* befindet. Das zu mahlende gröblichgepochte Blaufarbenglas wird, zugleich mit der erforderlichen Quantität Wasser, in die Mühlfässer gebracht und zwar hauptsächlich durch den zwischen beiden Läuferstücken offenen Raum auf den Bodenstein geschüttet. Durch die Rotation der beiden Läuferstücke und vermittelst der in dieselben eingehauenen rinnenförmigen Vertiefungen *v, v, v, v* wird es darauf zwischen Bodenstein und Läufer geführt und hier durch das Gewicht des letzteren zermahlen. Derjenige Theil des dünnflüssigen Smaltebreies, welcher auf diese Weise zwischen Bodenstein und Läufer hindurchgegangen und an die innere Peripherie des Mühlfasses gelangt ist, wird nach und nach, durch die rotirende Bewegung, wieder in die zwischen beiden Läuferstücken befindliche Gasse getrieben, passirt abermals zwischen Läufer und Bodenstein, u. s. w. Dennoch ist es nicht zu vermeiden, daß ein Theil des Glases hierbei zu einem gröberen, ein anderer zu einem feineren Pulver zermahlen wird, weshalb der so gemahlene Smaltebrei noch anderen mechanischen Operationen unterworfen werden muß, welche eine Sortirung des Smaltepulvers nach der Feinheit des Korns zum Zwecke haben. — In Fig. 43, *e* ist die vordere Ansicht dieser Smalte-Mühle gegeben.

Fig. 43, e.



a, der Wellbaum; *b, b*, der Pfannenstuhl, dessen oberes Stück *q* die Pfanne trägt, in welche der eine Zapfen, *z*, des Wellbaumes ruht; *r*, die Mühlspindel; *k*, das eine der beiden horizontalen konischen Räder; *K*, das eine der vertikalen konischen Räder; *α*, der Querbalken, der die Pfanne für den oberen Zapfen der Mühlspindel trägt; *n, n*, Keile zum Stellen des Querbalkens; *B*, der Mühlstuhl.

Kugeltonne.

Eine Kugeltonne ist eine Vorrichtung, welche im Ganzen Aehnlichkeit mit einem Amalgamir-Fasse besitzt. Die zu verkleinernden Substanzen werden, im trocknen Zustande, durch ein verschließbares Spundloch in die Tonne gebracht, die, auf ganz gleiche Weise wie ein Amalgamir-Faß, um ihre horizontal liegende Achse gedreht werden kann, und in welcher sich so viele eiserne oder Bronce-Kugeln befinden, daß dieselben eine vom einen Faßboden

bis zum andern reichende Reihe bilden. Diese Kugeln werden durch die Rotation der Tonne aus ihrer Lage gebracht, suchen diese aber, vermittelst ihrer Schwere, beständig wieder einzunehmen, wodurch sie in eine rollende Bewegung versetzt und die ihnen in den Weg kommenden eingefüllten Substanzen zerkleinert werden. Bei lange fortgesetzter Rotation lassen sich auf diese Weise Substanzen, die keinen bedeutenden Härtegrad besitzen und doch dabei spröde sind, wie z. B. Kohle, in ein äußerst feines Pulver verwandeln.

Kugeltonne.

B. Trennungs-Apparate.

Trennungs-Apparate.

Die metallurgischen Apparate zur mechanischen Trennung sind hauptsächlich entweder Sieb- oder Schlämm-Vorrichtungen. Der Zweck derselben ist, ein pulverförmiges Haufwerk, welches entweder Körner von verschiedener Größe oder zugleich auch von bedeutend verschiedenem specifischen Gewichte enthält, nach der Größe des Korns oder dem specifischen Gewichte zu sondern. Ersteres geschieht durch Sieben, letzteres durch Schlämmen; jedoch können auch die Schlämm-Apparate zu gleichem Zwecke wie die Sieb-Vorrichtungen benutzt werden.

1) Sieb-Vorrichtungen.

Die Sieb-Vorrichtungen sind entweder Hand-Siebe oder Maschinen-Siebe; erstere werden durch die Hand des Arbeiters, letztere durch Maschinenkraft in Bewegung gesetzt. In Bezug auf ihre Form kann man die Siebe in flache Siebe und Sieb-Trommeln theilen. Zu den ersteren gehören auch die sogenannten Durchwürfe, schiefe Ebenen, welche aus parallelen Stäben gebildet werden, auf die der Arbeiter das zu sortirende Haufwerk wirft, und dadurch das Hinabrollen der größeren Stücke längs der Stäbe bewirkt, während die kleineren hindurchfallen. In den Sieb-Trommeln bildet die siebende Fläche (das Siebtuch oder Siebgeflecht) einen von zwei runden Bodenscheiben und den nöthigen Querstäben gehaltenen Cylinder oder auch, bei entsprechender Form der Bodenscheiben, ein vier- oder mehrflächiges Prisma. Innerhalb dieser um ihre horizontal liegende Längenachse beweglichen Vorrichtung befinden sich die zu siebenden Substanzen, welche, durch Rotation des Apparates und hierdurch bewirktes Durchfallen der feineren Körner, in zweierlei Haufwerke getrennt werden.

2) Schlämm-Vorrichtungen.

Die Schlämm-Vorrichtungen sind ebenfalls verschiedener Art; die Graben- oder Sumpf-Schlämm-Apparate pflegen mit nassen Pochwerken in Verbindung zu stehen; die Faß-Schlämm-Apparate werden besonders bei der Smalte-Bereitung angewendet, bei deren später zu gebender Beschreibung die Rede von denselben seyn wird. Auch bei der Europäischen Amalgamation wendet man, zum Verwaschen der Amalgamir-Rückstände, einen hierher gehörigen Apparat an, dessen Einrichtung der folgende Holzschnitt zeigt.

Faß-Schlämm-Apparat.

a ist ein von eisernen Ringen umgebener hölzerner Bottich, in dessen

Fig. 44.



Wandung Zapflöcher in verschiedenen Höhen angebracht sind; *b*, ein an einer senkrecht stehenden Welle befindlicher befestigter Rechen; *c*, ein an dieser Welle befindlicher Trilling, durch welchen die Welle und der Rechen in Rotation gesetzt werden. Der ganze Apparat bezweckt das gleichförmige Umrühren einer Flüssigkeit, aus welcher sich gewisse darin aufgeschwemmte specifisch schwerere Theile absetzen sollen, während andere specifisch leichtere darin aufgeschwemmt bleiben.

C. Meng-Apparate.

Meng-Apparate.

Da die meisten der bei verschiedenen metallurgischen Processen vorkommenden Mengungs-Arbeiten am zweckmäßigsten, mehr oder weniger unmittelbar, durch die Hand des Arbeiters ausgeführt werden, so giebt es nur sehr wenige hierher gehörige Apparate. Eigentlich sind es nur die sogenannten **Knetwerke**, welche hier genannt zu werden verdienen, nämlich eine Art von Stampfwerken (Hammer-Pochwerken ähnlich), in denen zwei oder mehrere, durch Zusatz von Wasser knetbar gemachte, pulverförmige Massen mit einander gemengt, verknetet, werden. — Auch Kugeltonnen, Siebe und Mühlen pflegt man in einigen Fällen als Meng-Apparate zu benutzen.

D. Streck-Apparate.

Streck-Apparate.

Dieselben werden vorzugsweise dazu angewendet, gewissen Metallen, wie besonders Eisen, Kupfer und Zink, durch mechanischen Druck die Form von Stangen, Blechen u. s. w. zu geben. Da dergleichen Processe jedoch nichts mit der eigentlichen Gewinnung, sondern nur mit der Bearbeitung der Metalle zu thun haben, so gehört die nähere Beschreibung dieser Apparate, streng genommen, nicht in die Metallurgie, sondern in die umfassendere Hüttenkunde. — Als solche Streck-Apparate werden entweder **Hammerwerke** oder **Walzwerke** angewendet.

Hammerwerk.

Ein **Hammerwerk** ist eine Maschinen-Vorrichtung, deren wesentlichster Theil ein einige Ellen langer und mehrere (zuweilen 50 bis 80) Centner schwerer **Hammer** ausmacht. Der **Helm** oder **Schwanz** desselben, an welchem der mit seiner **Bahn** auf einem Ambos ruhende eiserne **Hammer-Kopf** befestigt ist, hat an seinem hinteren Ende zwei einander gegenüberstehende horizontale Zapfen, welche in entsprechenden Pfannen beweglich sind. Durch einen gewöhnlich mit 4 bis 5 **Däumlingen** versehenen Wellbaum wird der Hammer während einer Umdrehung des Wellbaumes

4- bis 5mal gehoben und fällt durch seine eigene Schwere wieder auf den Ambos zurück. Jene Däumlinge ergreifen denselben nämlich entweder vorn, an der Stirn, oder nicht weit hinter dem Kopfe, am Halse, oder auch ganz hinten, am Schwanzende, also hinter den Zapfen, um welche der Hammer beweglich ist. Hämmer der ersten Art heißen Stirnhämmer, die der zweiten Art Aufwerfhämmer, und die letzteren Schwanzhämmer. Bei den Stirn- und Aufwerfhämmern wird der Hammer durch die sich aufwärts bewegenden Däumlinge unmittelbar gehoben; bei den Schwanzhämmern hingegen drücken die niederwärts gehenden Däumlinge auf das Schwanzende, und bewirken dadurch das Heben des Hammerkopfes. — Einige dieser Hämmer dienen nicht ausschließlich zum Strecken, sondern werden auch, beim Frisch- und Puddel-Processe, zur Trennung der Frischschlacke von dem gefrischten oder gepuddelten Eisen gebraucht, welche erstere, so lange sie sich im flüssigen Zustande befindet, durch die Schläge des Hammers aus dem geschmeidigen, glühenden Eisen gepreßt wird. Ausführliche Beschreibungen verschiedener Hammerwerke s. Karsten's Eisenhüttenkunde (2te Auflage), Bd. 4, S. 9. — Ganz abweichend von den hier erwähnten Hämmern ist der Dampf-Hammer*) construirt. An einer niederwärts gehenden Kolbenstange eines Dampf-Cylinders ist ein Hammerkopf befestigt, welcher, sobald Dampf von erforderlicher Pressung in den Dampf-Cylinder strömt, in senkrechter Richtung gehoben wird, und beim Oeffnen eines Ventils, durch welches der Dampf wieder entweicht, senkrecht auf den unter ihm befindlichen Ambos zurückfällt.

Stirnhämmer und Aufwerfhämmer.

Dampf-Hammer.

Ein Streck-Walzwerk dient zu einem ganz ähnlichen Zwecke wie ein Hammerwerk. Einen Begriff von einer solchen Maschinerie giebt die folgende Figur.

Streck-Walzwerk.

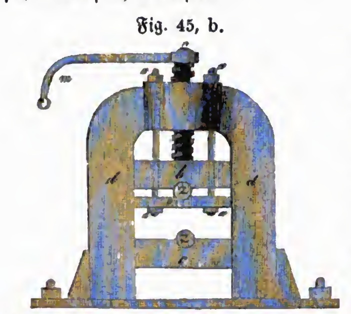
Fig 45, a.

u und *o* sind zwei ringförmig cannelirte, gußeiserne Walzenpaare, von denen das erstere zum Walzen von flachen, parallelepipedischen, das andere zum Walzen von cylindrischen (runden) Stabeisenstäben bestimmt ist. Die

*) Die erste Idee zu einem solchen Hammer hatte bereits Wm. Deverell im Jahre 1806. In seiner größten Vollkommenheit (als Self-acting Steam-hammer) ist derselbe von Nasmyth und Gaskell zu Manchester ausgeführt werden. S. Berg- und Hüttenm. Zeitg., Jahrgang 5, Nro. 1.

Streck-Walzwerk. starken eisernen Zapfen dieser Walzen ruhen in Pfannen, welche in den gußeisernen Ständern *d*, *d*, *d*, *d*,.. angebracht sind. Durch die Muffen *i'*, *i''*, *i'''*, *i''''* sind diese Zapfen vermittelst der Mittelstücke *h* mit einander verkuppelt. Die in einander greifenden Walzenräder *e*, *e* setzen sowohl die oberen wie die unteren Walzen in rotirende Bewegung, indem das untere Walzenrad, dessen Zapfen durch die Kuppelung *i* mit einem großen eisernen Schwungrade in Verbindung steht, durch ein Wasserrad oder eine Dampfmaschine bewegt wird. Die auszuwalzenden weißglühend gemachten Eisenstäbe werden zuerst in die größeren Cannelür-Oeffnungen zwischen die Walzen gebracht und dann, wenn sie diese passirt haben, in die darauf folgenden kleineren. Die nähere Einrichtung eines der Walzenständer *d*, *d*,.. geht aus dem folgenden Holzschnitte hervor, der die vordere Ansicht eines solchen darstellt.

Fig. 45, b.



d, *d* sind die beiden Schenkel des Ständers, welche den oberen ringförmigen Theil desselben tragen, in dem die große Schraube *n* durch Drehen des Hebels *m* auf und ab bewegt werden kann. Diese Schraube drückt, wenn sie ganz niedergeschroben ist, auf das eiserne Querstück *b*, welches unmittelbar auf dem Zapfen *z* der obersten Walze ruht und zu beiden Seiten innerhalb zwei in den Ständerschenkeln angebrachten senkrechten Schlitzen beweglich ist. Bei dieser Stellung der Schraube wird also der Zapfen der oberen Walze verhindert, sich aufwärts zu bewegen, und hat solchergestalt, da sein unteres Zapfenlager von den eisernen Stangen *a*, *a* getragen wird, welche durch entsprechende Oeffnungen des Ringstückes und Querstückes gehen, eine durchaus feste Lage, welche nur das Rotiren desselben um seine Achse gestattet. Diese feste Lage des Zapfens wird erfordert, weil sonst die obere Walze während des Auswalzens gehoben und daher der Umfang der Cannelür-Oeffnungen verändert werden würde. Nur wenn die gröbsten Cannelüren zum Auswalzen von Stäben eines beträchtlichen Calibers benutzt werden, wobei der auf die Zapfen der Walzen nach oben ausgeübte Druck sehr bedeutend ist, wird die Schraube *n* etwas gelüftet, wodurch sich die obere Walze ein wenig heben kann und dem Eisenstabe leichter den Durchgang gestattet. Jeder der Zapfen der unteren Walzen hat seine feste, unveränderliche Lage auf einem Querstücke, von denen das eine, *e*, im abgebildeten Ständer sichtbar ist.

Dritter Abschnitt.

Die Lehre von den Brennmaterialien.

I. Von den Brennmaterialien im Allgemeinen.

Brennmaterialien kann man, im weitesten Sinne des Wortes, alle diejenigen Körper nennen, welche die Eigenschaft besitzen, bei einer gewissen Temperatur zu **brennen**, d. h. sich unter Licht- und Wärme-Entwicklung mit Sauerstoff zu verbinden. Der Metallurg knüpft an diese Benennung einen weniger ausgedehnten Begriff; er versteht hierunter nur diejenigen brennbaren Körper, deren Anwendung als Erhitzungsmittel bei den metallurgischen Processen sowohl in ökonomischer Beziehung zulässig ist, als auch in chemischer Hinsicht nicht nachtheilig auf diese Processe einwirkt. Die beiden genannten Bedingungen stellen aus der großen Anzahl brennbarer Körper hauptsächlich folgende, für den Metallurgen wichtige Brennmaterialien heraus: 1) Holz, 2) Torf, 3) Braunkohle, 4) Steinkohle, 5) Holzkohle, 6) Torfkohle, 7) verkohlte Braunkohle, 8) Kohk, 9) gewisse brennbare Gase. Die 8 ersten dieser Brennmaterialien sind, hinsichtlich ihres Ursprungs, nahe mit einander verwandt, indem sie theils aus Holzfaser bestehen, theils daraus erzeugt worden sind. Aber auch jene brennbaren Gase werden, da man sie durch Anwendung einer erhöhten Temperatur aus einigen der anderen Brennmaterialien entwickelt, aus der Holzfaser gewonnen; und folglich kann man behaupten, daß es gewissermaßen nur die Holzfaser, in mehr oder weniger modificirtem Zustande, ist, welche als Brennmaterial bei den metallurgischen Processen angewendet wird.

Arten der Brennmaterialien.

Es sind besonders zwei brennbare Elemente, **Kohlenstoff** und **Wasserstoff**, welche, als wesentliche Bestandtheile der Holzfaser, die Brennbarkeit, Flammbarkeit und den Wärme-Effekt der hier in Betracht kommen-

Bestandtheile der Brennmaterialien.

Wesentl. Best.

den Brennmaterialien bedingen. Einige dieser Brennmaterialien bestehen fast allein aus Kohlenstoff, andere, und zwar die meisten, enthalten zugleich auch Wasserstoff. Außer diesen brennbaren Bestandtheilen treten in mehreren derselben noch mancherlei andere Stoffe auf, wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff, Kieselerde, Thonerde, Alkali, Eisenoxyd, Manganoxyd, Schwefel, Phosphor u. s. w., welche, da sie nicht brennbar sind, die nützlichen Eigenschaften der Brennmaterialien natürlich nicht erhöhen können. Dieselben haben sogar, da sie durch ihre Anwesenheit einen entsprechenden Theil der brennbaren Stoffe verdrängen, eine Deprimirung dieser Eigenschaften zur Folge. Einige dieser Nebenbestandtheile, besonders Phosphor und Schwefel, machen die betreffenden Brennmaterialien weniger geeignet zur Anwendung bei gewissen metallurgischen Processen, z. B. beim Eisen-Frisch-Processe.

Nebenbestandtheile.

Brennbarkeit der Brennmaterialien.

Die **Brennbarkeit** der Brennmaterialien, d. h. die größere oder geringere Leichtigkeit, mit welcher dieselben **entzündet werden können** und darauf zu **brennen fortfahren**, hängt sowohl von ihrer Porosität als von ihrer chemischen Zusammensetzung ab. Ein gewisser Grad von Porosität begünstigt sowohl das Entzünden als das Fortbrennen eines brennbaren Körpers, indem er der atmosphärischen Luft den Zutritt zu den einzelnen erhitzten und brennenden Partikeln desselben erleichtert. Einen Beleg hierzu liefert der Kohlenstoff in seinen drei verschieden porösen (und zugleich verschieden atomistisch gruppirten) Zuständen, als Holzkohle (amorpher Kohlenstoff), Graphit (hexagonal krystallisirter K.) und Diamant (tesseral krystallisirter K.). Während die Holzkohle leicht entzündbar ist und, einmal entzündet, von selbst zu brennen fortfährt, ist der Graphit sehr schwer, der Diamant noch schwerer zu entzünden, und bei beiden muß, wenn die Verbrennung nicht aufhören soll, stets eine neue Wärme-Zuströmung von Außen her stattfinden. In noch höherem Grade als durch die Porosität wird die Brennbarkeit durch die chemische Zusammensetzung bedingt. In dieser Beziehung kann im Allgemeinen angenommen werden, daß die Brennmaterialien desto leichter brennbar sind, je mehr Wasserstoff sie enthalten. Der in einem Brennmaterial chemisch gebundene Wasserstoff entweicht in der Regel theilweise schon bei einer noch unter der Rothglühhitze liegenden Temperatur. Das bis zu dieser Temperatur erhitzte Brennmaterial wird hierdurch mit einer sehr leicht entzündbaren Wasserstoff- (und Kohlenwasserstoff-) Atmosphäre umgeben, welche durch ihre Verbrennung auf den noch unzersetzten Theil des Brennmaterials einwirkt, eine neue Quantität Wasserstoff (und Kohlenwasserstoff) daraus entwickelt u. s. w. Der bei diesem Zersetzungs-Processe zurückbleibende poröse Kohlenstoff entzündet sich ebenfalls sehr leicht, und legt auf diese Weise der schnellen und vollständigen Verbrennung des wasserstoffhaltigen Brennmaterials kein Hinderniß in den Weg.

Porosität und

Wasserstoffgehalt begünstigen die Brennbarkeit.

Flammbarkeit der Brennmaterialien.

Mit der Benennung **Flammbarkeit** kann man die Eigenschaft gewisser Brennmaterialien bezeichnen, unter Entwicklung einer **Flamme** zu verbrennen. Da diese letztere allein durch brennende Gasarten gebildet werden kann, so ist klar, daß diejenigen Brennmaterialien, welche bei ihrer Erhitzung am leichtesten brennbare Gase entwickeln, also am wasserstoffreichsten sind, auch die flammbarsten sein müssen, während andere, welche unmittelbar als feste Körper verbrennen, wie z. B. Kohle, gar keine Flamme geben können. Zu den flammbaren Brennmaterialien gehören: Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle und die brennbaren Gase, zu den nicht flammbaren: Holzkohle, Torfkohle, verkohlte Braunkohle und Kohk. Allerdings können auch letztere unter gewissen Umständen mit Flamme verbrennen, nämlich bei nicht hinreichendem Luftzutritt, wodurch die Bildung von Kohlenoxydgas veranlaßt wird. Die Benennung »nicht flammbare« Brennmaterialien bezieht sich also nur auf die direkte, vollständige Verbrennung derselben.

Flammbare und nicht flammbare Brennmaterialien.

Die Unterscheidung von flammbaren und nicht flammbaren Brennmaterialien und von Brennmaterialien mit langer (verhältnißmäßig großer) und kurzer (verhältnißmäßig kleiner) Flamme ist für den Metallurgen von Wichtigkeit. Die längste Flamme geben, weil sie bei der niedrigsten Temperatur zersetzt werden, Holz, Torf und einige Arten Braunkohle, die kürzeste Flamme: Steinkohle und andere Arten Braunkohle. Bei der Construktion der Flammöfen muß, hinsichtlich der Lage des Rostes, der Größe der Feuerbrücke u. s. w. hierauf Rücksicht genommen werden. — Der Ort der höchsten Temperatur liegt bei einem flammbaren Brennmateriale in der Flamme, und zwar vorzugsweise an dem Ende (der Spitze) derselben, bei den nicht flammbaren Brennmaterialien dagegen unmittelbar auf ihrer nicht brennenden Oberfläche. Aus diesem Grunde bedient man sich der flammbaren Brennmaterialien in den Flammöfen (in welchen die zu erhitzende Substanz vom Brennmateriale getrennt ist), der nicht flammbaren dagegen in den Heerd- und Schacht-Oefen (in welchen sich die zu erhitzende Substanz und das Brennmaterial in unmittelbarer Berührung befinden). In den Gefäßöfen bedient man sich, je nach ihrer Construktion, theils der einen, theils der anderen.

Wärme-Effekt der Brennmaterialien.

Unter **Wärme-Effekt** (Heizkraft) eines Brennmaterials versteht man im Allgemeinen die, bei dessen vollständiger Verbrennung in atmosphärischer Luft entwickelte, entweder in Bezug auf ihre **Menge** oder ihren **Grad** gemessene Wärme. Je nach den verschiedenen Beziehungen, in denen eine solche Wärmemessung ausgeführt wird, kann man einen **absoluten**, **specifischen** und **pyrometrischen Wärme-Effekt** unterscheiden.

1. Absoluter Wärme-Effekt.

Der **absolute Wärme-Effekt** eines Brennmaterials ist diejenige

1 Absoluter Wärme-Effekt.

Wärme-Menge, welche bei der vollständigen Verbrennung eines gewissen Gewichts-Quantums desselben entwickelt wird. Da sich diese Wärmemenge weder absolut noch direkt bestimmen läßt, so pflegt man ihre relative Größe entweder durch Angabe derjenigen Gewichtsmenge Wasser von 0° auszudrücken, welche durch die sämmtliche Verbrennungswärme bis zu 100° C. erhitzt werden kann, oder auch derjenigen Gewichtsmenge Wasser, deren Temperatur hierdurch um 1° C. erhöht wird. Durch Versuche, welche vermittelst eines von **Rumford** zu diesem Zwecke construirten Apparates *) angestellt worden sind, hat man gefunden, daß auf diese Weise:

Tab. I.

1	Gwthl.	Wasserstoffgas die Temperatur von	236	Gwthl.	Wasser	von 0° bis 100° C. erhöht.
1	»	reine Kohle	78	»	»	
1	»	Holzkohle	75	»	»	
1	»	trocknes Holz	36	»	»	
1	»	Holz mit 20 Proc. Feuchtigkeit	27	»	»	
1	»	gute Steinkohle	60	»	»	
1	»	Torf	25—30	»	»	
1	»	Alkohol	67	»	»	
1	»	Aether	80	»	»	
1	»	Baumöl, Rapsöl, Wachs u. s. w.	90—95	»	»	

Hieraus folgt also, da dieselbe Wärmemenge dazu gehört, um 1 Gwthl. Wasser von 0° bis 100°, als um 100 Gwthl. Wasser 1° zu erhitzen, daß:

Tab. II.

1	Gwthl.	Wasserstoffgas die Temperatur von	23600	Gwthl.	W.	um 1° C. erhöht.
1	»	Baumöl, Rapsöl, Wachs u. s. w.	9000—9500	»	»	
1	»	Aether	8000	»	»	
1	»	reine Kohle	7800	»	»	
1	»	Holzkohle	7500	»	»	
1	»	Alkohol	6700	»	»	
1	»	gute Steinkohle	6000	»	»	
1	»	trocknes Holz	3600	»	»	
1	»	Holz mit 20 Proc. Feuchtigkeit	2700	»	»	
1	»	Torf	2500—3000	»	»	

*) Der **Rumford**'sche Apparat besteht im Wesentlichen aus einer zum Verbrennen der betreffenden Stoffe geeigneten Vorrichtung, welche mit einem metallenen Schlangenrohre in Verbindung steht. Letzteres, durch welches die bei der Verbrennung gebildeten Gase ihren Weg zu nehmen genöthigt sind, läuft durch einen mit Wasser gefüllten Kasten. Die Temperatur dieses Wassers wird sowohl vor als nach dem Versuche genau bestimmt. Da man nun zugleich die Gewichtsmenge desselben kennt, so kann aus diesen Daten der absolute Wärme-Effekt leicht berechnet werden.

Die Zahlen dieser Tabelle drücken sogenannte Wärme-Einheiten aus. Als **Wärme-Einheit** pflegt man nämlich diejenige Wärmemenge anzunehmen, welche die Temperatur eines Gewichtstheiles Wasser, gewöhnlich eines Pfundes, um einen Grad zu erhöhen vermag. — Um die relativen Werthe der absoluten Wärme-Effekte der betreffenden Substanzen besser übersehen zu können, ist in der folgenden Tabelle der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 1 angenommen und bei der Berechnung der anderen Wärme-Effekte zu Grunde gelegt worden.

1. Absoluter Wärme-Effekt.

Tab. III.

Wasserstoff	3,03
Baumöl u. s. w.	1,15—1,22
Aether	1,02
Kohlenstoff	1,00
Holzkohle	0,96
Alkohol	0,86
Gute Steinkohle	0,77
Trocknes Holz	0,46
Holz mit 20 Proc. F.	0,35
Torf	0,33—0,38

Aus der Vergleichung des absoluten Wärme-Effektes des Kohlenstoffs mit dem des Wasserstoffs ergiebt sich, daß letzterer annähernd dreimal so groß ist, als der erstere. Die hierbei stattfindende sehr kleine Abweichung von dem Verhältnisse 1 : 3 dürfte hierbei wohl allein der Unvollkommenheit des Versuchs zuzuschreiben seyn, und es läßt sich daher als empirisches Resultat feststellen, daß **der absolute Wärme-Effekt des Wasserstoffs gerade 3 mal so groß ist als der des Kohlenstoffs.** Dies ist in Bezug auf die Güte der Brennmaterialien. Es folgt daraus, daß ein Brennmaterial desto mehr Wärme entwickelt, je mehr Wasserstoff dasselbe enthält. Bei Brennmaterialien, deren chemische Zusammensetzung man genau kennt, läßt sich der absolute Wärme-Effekt, im Vergleich mit dem des Kohlenstoffs = 1, berechnen. Bezeichnet man nämlich mit W den procentischen Wasserstoff- und mit K den procentischen Kohlenstoff-Gehalt eines Brennmaterials, so folgt aus dem Angeführten, daß der absolute Wärme-Effekt desselben, A, ausgedrückt werden kann durch

Verhältniß zwischen dem absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs und Wasserstoffs.

$$A = 3\,W + K \qquad (1.)$$

Erste Formel für den absoluten Wärme-Effekt.

Es giebt aber Brennmaterialien, welche, außer Kohlenstoff und Wasserstoff, auch noch Sauerstoff enthalten, und zwar auf die Weise, daß dieser Sauerstoff, oder doch wenigstens ein Theil desselben, als im Brennmate-

riale bereits mit einer entsprechenden Menge Kohlenstoff oder Wasserstoff (zu Kohlensäure oder Wasser) verbunden angenommen werden muß. Hierdurch wird diese Menge der brennbaren Elemente der Verbrennung entzogen, und der absolute Wärme-Effekt des Brennmaterials muß folglich um ein Entsprechendes geringer ausfallen. Da 1 Gwthl. Sauerstoff in der Kohlensäure mit $^3/_8$ Gwthl. Kohlenstoff, im Wasser aber mit $^1/_8$ Gwthl. Wasserstoff verbunden ist, so wird unter diesen Umständen, wenn man mit S die Menge des auf gedachte Weise verbundenen Sauerstoffs und mit A den absoluten Wärme-Effekt des Brennmaterials bezeichnet:

[Margin: eite Formel für den absoluten Wärme-Effekt.]

$$A = 3\,W + K - {}^3/_8\,S$$
$$\text{oder } A = 3\,[W - {}^1/_8\,S] + K \qquad (2.)$$

Will man den absoluten Wärme-Effekt in Wärme-Einheiten ausdrücken, so hat man nur nöthig die durch eine dieser Formeln gefundene Zahl mit dem absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 7800 zu multipliciren. Als Beispiel für die Anwendung dieser Formeln mag die Berechnung des absoluten Wärme-Effektes des Alkohols dienen.

Kohlenstoff	52,66
Wasserstoff	12,90
Sauerstoff	34,44
	100,00

und die chemische Formel desselben ist

$$C^4H^{10}O + H^2O.$$

Die Hälfte des im Alkohol vorhandenen Sauerstoffs ist folglich hiernach als bereits mit Wasserstoff zu Wasser verbunden zu betrachten, und der absolute Wärme-Effekt des Alkohols wird daher $= 3\,(0{,}129 - {}^1/_8 . {}^1/_2 . 0{,}3444) + 0{,}5266 = 0{,}85$, welches nur sehr wenig von der durch den Versuch gefundenen Zahl abweicht. In der Tabelle III. ist nämlich dieser absolute Wärme-Effekt zu 0,86 angegeben *).

Untersucht man, in welchem Verhältnisse die absoluten Wärme-Effekte

*) Als eine zwar nicht hierher gehörige aber doch der Aufmerksamkeit werthe Bemerkung möge Folgendes hier einen Platz finden. Ließe sich der absolute Wärme-Effekt der brennbaren, sauerstoffhaltigen organischen Substanzen mit vollkommner Schärfe bestimmen, so würde sich hierin zuweilen ein gutes Mittel zu Schlüssen über ihre chemische Constitution darbieten. Im angeführten Falle ergiebt es sich z. B., daß der Alkohol, wegen der Größe seines absoluten Wärme-Effektes, wirklich als ein Hydrat des Aethers zu betrachten ist.

des Wasserstoffs und Kohlenstoffs zu den bei der Verbrennung dieser Körper verbrauchten Sauerstoff-Quantitäten stehen, so ergiebt sich Folgendes. Da das Gewicht eines Doppel-Atoms Wasserstoff sehr nahe = 12,5, das eines Atoms Kohlenstoff = 75 und das eines Atoms Sauerstoff = 100 ist, so folgt daraus, daß

12,5 Gwthle. H, um zu $\dot{H}$ zu verbrennen, 100 Gwthle. O verbrauchen, und
75 » C, » » $\ddot{C}$ » » 200 » O »

oder, was dasselbe ist, es verbrauchen:

$6 \times 12{,}5 = 75$ Gwthle. H, um zu $\dot{H}$ zu verbrennen, 600 Gwthle. O
75 » C, » » $\ddot{C}$ » » 200 » O

Es verbraucht daher 1 Gwthl. Wasserstoff dem Gewichte nach $^{600}/_{200} = 3$ mal so viel Sauerstoff zu seiner vollständigen Verbrennung als 1 Gwthl. Kohlenstoff. Wie aber bereits früher nachgewiesen wurde, verhalten sich die absoluten Wärme-Effekte des Wasserstoffs und Kohlenstoffs wie 3 : 1, also genau so wie die zur Verbrennung beider Körper erforderlichen Sauerstoffmengen. Die absoluten Wärme-Effekte des Kohlenstoffs und Wasserstoffs stehen daher in geradem Verhältnisse zu den bei der Verbrennung derselben verbrauchten Sauerstoffmengen.

Gesetz in Bezug auf den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs und Wasserstoffs.

Eine unmittelbare Folge aus dem eben hergeleiteten Gesetze ist es, daß 1 Gwthl. Sauerstoff, gleichviel ob derselbe eine entsprechende Menge Kohlenstoff zu Kohlensäure (oder Kohlenoxyd) oder eine entsprechende Quantität Wasserstoff zu Wasser verbrennt, stets genau dieselbe Wärmemenge entwickelt. Wie groß diese Wärmemenge ist, läßt sich aus den in der Tabelle I. angeführten Erfahrungs-Resultaten leicht berechnen. Da nämlich

1 Gwthl. C zu seiner Verbrennung $2^2/_3$ Gwthle. O, und
1 » H » » » 8 » O verbraucht,

und da ferner

1 Gwthl. C bei seiner Verbrennung 78 Gwthle. Wasser, und
1 » H » » » 236,4 » »

vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte erhitzt, so ergiebt sich hieraus unmittelbar, daß

1 Gwthl. O, bei seiner Verbrennung mit C, $\frac{78}{2^2/_3} = 29{,}25$ Gwthle. W.

1 » O, » » » » H, $\frac{236{,}4}{8} = 29{,}56$ » »

von 0° bis 100° C. erhitzt. Der absolute Wärme-Effekt des Sauerstoffs läßt sich also in runder Zahl = 30 oder, wenn man ihn in Wärme-Einheiten ausdrücken will, = 3000 annehmen. Diese etwas zu hohe An-

Absol. Wärme-Effekt des Sauerstoffs.

Absol. Wärme-Effekt des Sauerstoffs.

nahme wird theils durch die Erleichterung, welche sie bei Berechnungen gewährt, theils aber auch dadurch entschuldigt, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß bei den betreffenden Versuchen ein etwas zu geringer Wärme-Effekt gefunden wurde. Bezeichnet man die von einem Gwthl. eines Brennmaterials erforderliche Sauerstoffmenge mit S, so läßt sich der absolute Wärme-Effekt dieses Brennmaterials in Wärme-Einheiten ausdrücken durch

Dritte Formel für den absoluten Wärme-Effekt.

$$A = 3000 \cdot S$$

$$\text{oder } A = 3000 \cdot \frac{n}{\alpha} \qquad (3.)$$

in welcher letzteren Formel $n =$ der Anzahl der Sauerstoffatome, mit denen sich der betreffende Körper bei der Verbrennung verbindet, und $\alpha =$ dem Atomgewichte dieses Körpers ist, das des Sauerstoffs $= 1$ gesetzt. Die durch eine dieser beiden identischen Formeln gefundene Zahl giebt also an: wieviel Gewichtstheile Wasser von 0° durch die bei der Verbrennung eines Gewichtstheiles irgend eines Brennmaterials entwickelte Wärme bis auf 1° C. erhitzt werden, oder wieviel Gewichtstheile Wasser von beliebiger Temperatur hierdurch überhaupt einen Wärmezuwachs von 1° C. erhalten können. Für Brennmaterialien, welche mehr als einen brennbaren Körper enthalten, lassen sich diese Formeln leicht folgendermaßen modificiren. Gesetzt ein Brennmaterial enthielte $a, b, c, d, \ldots$ Gewichtsmengen verschiedener brennbarer Körper, von denen sich ein Gewichtstheil mit je $S, S', S'', S''', \ldots$ Gewichtstheilen Sauerstoff verbände, so würde

Vierte Formel für den absoluten Wärme-Effekt.

$$A = 3000\,[a S + b S' + c S'' + \ldots]$$

$$\text{oder } A = 3000 \left[a \frac{n}{\alpha} + b \frac{n'}{\beta} + c \frac{n''}{\gamma} + \ldots\right] \qquad (4.)$$

Bei der letzten dieser Formeln bedeuten $n, n', n'', \ldots$ die Anzahl Sauerstoffatome, mit denen sich 1 Atom der entsprechenden brennbaren Körper bei der Verbrennung verbindet; $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ sind die Atomgewichte dieser Körper. Die zweite Formel geht aus der ersten hervor, indem $S = \frac{n}{\alpha}$, $S' = \frac{n'}{\beta}$, $S'' = \frac{n''}{\gamma}, \ldots$ gesetzt wird.

Da der absolute Wärme-Effekt eines brennbaren Körpers, wie gezeigt worden ist, im unmittelbaren Zusammenhange mit der zu seiner Verbrennung erforderlichen Sauerstoffmenge steht, so liegt es nahe, den absoluten Wärme-Effekt derjenigen Brennmaterialien, deren chemische Zusammensetzung nicht genau bekannt ist, dadurch zu bestimmen, daß man die bei ihrer Verbrennung verbrauchte Sauerstoffquantität durch einen Versuch er-

mittelt. Am einfachsten geschieht dies auf die Weise, daß man die Brennmaterialien in feinzertheiltem Zustande mit einem sauerstoffhaltigen Körper mengt, welcher die Eigenschaft besitzt, durch bloße Erhitzung keinen, durch Einwirkung brennbarer Stoffe aber sehr leicht Sauerstoff abzugeben, und daß man darauf dies Gemenge, unter Verhinderung des Luftzutrittes, der zur Verbrennung erforderlichen Temperatur aussetzt. Da der sämmtliche hierbei verbrauchte Sauerstoff von jenem sauerstoffhaltigen Körper an das Brennmaterial abgetreten wird, so kommt es also, nach Beendigung des Versuches, nur darauf an, zu ermitteln, wieviel Sauerstoff der erstere verloren hat. Hierauf gründet sich die Berthier'sche Methode zur Bestimmung der absoluten Wärme-Effekte der Brennmaterialien. Als sauerstoffhaltigen Körper, auf dessen Kosten die Verbrennung geschieht, wendet Berthier reines Bleioxyd an. Die Quantität des verbrauchten Sauerstoffs ergiebt sich aus der Menge des reducirten Bleies. Die näheren Vorschriften für die Anstellung eines solchen Versuches sind folgende. 1 Grm. des durch Raspeln, Feilen, Pulvern oder auf irgend eine Weise fein zertheilten Brennmaterials wird mit 40 Grm. Bleioxyd gemengt, das Gemenge in einen feuerfesten Thontiegel gebracht und noch mit 30 Grm. Bleioxyd überschüttet. Der Tiegel, welcher hiervon kaum bis zur Hälfte gefüllt seyn darf, wird, nachdem er mit einem Deckel versehen ist, in einen bereits vorgewärmten Schmelzofen gesetzt. Man umgiebt ihn nur so hoch mit Kohlen, daß sein oberer Theil noch sichtbar bleibt und man also im Stande ist, den Gang des Processes, durch Wegnahme des Deckels, von Zeit zu Zeit beobachten zu können. Sobald die Erhitzung so hoch gestiegen ist, daß das im Tiegel eingeschlossene Brennmaterial zersetzt, und das Bleioxyd flüssig zu werden anfängt, tritt ein starkes Aufschäumen der Masse ein, bewirkt durch die Entwicklung von Kohlensäure und Wasserdampf. Aus diesem Grunde darf die Füllung des Tiegels anfangs nur etwa bis zu seiner halben Höhe reichen. Ist das Aufschäumen vorüber, so bedeckt man den Tiegel mit Kohlen, und giebt eine kurze, etwa 10 Minuten lange, aber hinreichend starke Hitze, um das gebildete metallische Blei zu einem Regulus zusammenzuschmelzen. Darauf öffnet man den Ofen, läßt den Tiegel noch einige Minuten zwischen den glühenden Kohlen, hebt ihn dann heraus und läßt ihn in der Luft vollends erkalten. Beim Zerschlagen desselben findet man einen Bleiregulus, welcher sich sehr leicht von dem darüber befindlichen Bleioxyde trennen läßt. Das Gewicht dieses Regulus wird genau bestimmt und daraus der absolute Wärme-Effekt des betreffenden Brennmaterials berechnet. Hierbei dient zum Anhalten, daß 1 Grm. reine Kohle auf die gedachte Art einen Bleiregulus von nahe 34 Grm. erzeugt. Hatte also der beim Versuche erhaltene Regulus ein Gewicht von a Grm., so ist der absolute Wärme-Effekt des angewendeten Brennmaterials, im

Berthier'sche Methode zur Bestimmung des absoluten Wärme-Effekts.

Vergleich zu dem absoluten Wärme-Effekte reiner Kohle, $= \frac{a}{34}$, und in Wärme-Einheiten ausgedrückt $= 78 \,.\, 100 \frac{a}{34} = 230\,a$ *).

2. Specifischer Wärme-Effekt.

Der **specifische Wärme-Effekt** eines Brennmaterials wird durch diejenige **Wärme-Menge** repräsentirt, welche ein bestimmtes **Volumen** eines Brennmaterials bei seiner vollständigen Verbrennung entwickelt. Man findet also den specifischen Wärme-Effekt durch eine einfache Rechnung aus dem absoluten, indem man den letzteren mit dem specifischen Gewichte des betreffenden Brennmaterials multiplicirt. In der folgenden Tabelle ist dies in Bezug auf die bereits früher angeführten brennbaren Körper geschehen, indem dabei zugleich der specifische Wärme-Effekt des reinen Kohlenstoffs (Diamants) = 100 gesetzt worden ist.

Tab. IV.

Reiner Kohlenstoff (Diamant) . .	100
Gute Steinkohle	33,00
Baumöl	30,20
Aether	21,10
Alkohol	19,80
Trocknes Holz	5,26
Holzkohle	4,94
Holz mit 20 Proc. Feuchtigkeit . .	4,91
Wasserstoff	0,0077

Die hierbei in Rechnung gebrachten specifischen Gewichte sind folgende: Diamant = 3,5, Steinkohle = 1,5, Baumöl = 0,92, Aether = 0,72, Alkohol = 0,8, trocknes Holz = 0,4, Holz mit 20 Proc. Feuchtigkeit = 0,5, Holzkohle = 0,18, Wasserstoff (verglichen mit Wasser) = 0,00009. Als die specifischen Gewichte der sehr porösen Substanzen, wie besonders Holz und Holzkohle, wurden diejenigen genommen, welche diese Körper in ihrem gewöhnlichen lufterfüllten Zustande besitzen. Die specifischen Wärme-Effekte des feuchten Holzes und der Holzkohle sind, wie sich aus der

*) Es ist leicht einzusehen, daß die **Berthier**'sche Methode bei allen wasserstoffhaltigen Brennmaterialien, besonders aber bei solchen, welche schon bei einer unter der Rothglühhitze liegenden Temperatur zersetzt werden, kein ganz genaues Resultat zu liefern vermag, da es in diesem Falle sehr leicht geschehen kann, daß ein Theil der brennbaren (reducirenden) Gase entweicht, ohne eine entsprechende reducirende Wirkung auf das Bleioxyd ausgeübt zu haben. Der hierdurch entstehende Fehler pflegt jedoch, bei richtiger Leitung des Processes, nicht groß zu seyn.

Tabelle ergiebt, nur sehr wenig von einander verschieden; der specifische Wärme-Effekt des trocknen Holzes ist dagegen etwas größer.

3. Pyrometrische Wärme-Effekt.

Der pyrometrische Wärme-Effekt oder die Verbrennungs-Temperatur eines Brennmaterials wird durch den bei der vollständigen Verbrennung desselben entwickelten Wärme-Grad ausgedrückt. Gäbe es ein hinreichend zuverlässiges Pyrometer, so würde sich dieser Wärmegrad für jedes Brennmaterial direkt messen und, wenn das Verhältniß zwischen den Pyrometer- und Thermometer-Graden genau ermittelt wäre, zugleich in Graden der letzteren Art ausdrücken lassen. Da Beides aber nicht der Fall ist, oder da doch wenigstens die Ausführung einer solchen Messung mit sehr vielen Schwierigkeiten verknüpft ist, so muß man sich einstweilen damit begnügen, den pyrometrischen Wärme-Effekt, dessen Bestimmung in vielen Fällen von großer Wichtigkeit ist, annähernd durch Rechnung zu finden.

Allgemeiner Satz in Bezug auf das Verbrennungs-Produkt.

Das aus der Verbrennung irgend eines brennbaren Körpers hervorgegangene materielle Erzeugniß, das Verbrennungs-Produkt, muß, wie sich von selbst versteht, alle beim Verbrennungs-Processe entwickelte Wärme in sich aufnehmen, oder mit anderen Worten: das Verbrennungs-Produkt ist der Träger der sämmtlichen durch den Verbrennungs-Proceß entwickelten Wärmemenge. Dieser Satz, dessen Wahrheit keines weiteren Beweises bedarf, liegt allen Berechnungen des pyrometrischen Wärme-Effektes zu Grunde. Da bei der Angabe des absoluten Wärme-Effektes stets das Wasser als der Träger dieser Wärmemenge gedacht wird, so kommt es bei der Ermittelung des pyrometrischen Wärme-Effektes nur darauf an, dieses Wärme-Quantum durch Rechnung auf das betreffende Verbrennungs-Produkt zu übertragen, wobei natürlich die specifische Wärme des letzteren in Bezug auf die des Wassers zu berücksichtigen ist. Folgendes Beispiel, bei welchem, der Einfachheit wegen, angenommen wurde, daß die Verbrennung in reinem Sauerstoffgase vor sich geht, wird dies deutlicher machen. Die Aufgabe ist: den pyrometrischen Wärme-Effekt des Kohlenstoffs durch Rechnung zu finden.

Da 1 Gwthl. Kohlenstoff zu seiner vollständigen Verbrennung (zu Kohlensäure) $2^2/_3$ Gwthle. Sauerstoff bedarf, so ist der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs nach Formel (3.) $= 3000 \cdot 2^2/_3 = 8000$, d. h. 1 Gwthl. Kohlenstoff vermag durch die bei seiner Verbrennung entwickelte Wärme 8000 Gwthle. Wasser von 0° bis auf 1° C. zu erwärmen, oder, was dasselbe ist, 1 Gwthl. Wasser von 0° bis auf 8000° C., $3^2/_3$ Gwthle. Wasser also von 0° bis auf $\frac{8000}{3^2/_3} = 2182^\circ$ C. Indem aber durch die Verbrennung von 1 Gwthl. Kohlenstoff $3^2/_3$ Gwthle. Kohlensäure gebildet werden, und diese Kohlensäure als der Träger der sämmtlichen entwickelten

Wärme angesehen werden muß, so würde dieselbe folglich eine Temperatur von 2182° C. besitzen, wenn die specifische Wärme der Kohlensäure gleich der des Wassers wäre. Die specifische Wärme der ersteren ist jedoch, die des Wassers als Einheit angenommen, = 0,2210, weshalb die bei der Verbrennung von 1 Gwthl. Kohlenstoff erzeugten $3^2/_3$ Gwthle. Kohlensäure eine im umgekehrten Verhältniß höhere Temperatur haben müssen, nämlich $\frac{2182}{0,2210} = 9873^0$ C. Der pyrometrische Wärme-Effekt des Kohlenstoffs ist also, bei einer in reinem Sauerstoffgase stattfindenden Verbrennung, $= 9873^0$ C.

Pyrometrischer Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung in Sauerstoff.

Auf dem hier angedeuteten Wege läßt sich leicht eine allgemeine Formel für den pyrometrischen Wärme-Effekt aller brennbaren Körper ausfindig machen. Bezeichnet man nämlich durch S diejenige Gewichtsmenge Sauerstoff, mit welcher sich 1 Gwthl. eines brennbaren Körpers bei seiner Verbrennung verbindet, und mit s die specifische Wärme des Verbrennungs-Produktes, so wird der pyrometrische Wärme-Effekt

Erste Formel für den pyrometrischen Wärme-Effekt in Sauerstoff.

$$P = 3000 \frac{S}{(1 + S)\, s}$$
$$\text{oder } P = 3000 \frac{n}{(\alpha + n)\, s} \qquad (5.)$$

wenn S auf die vorgedachte Weise $= \frac{n}{\alpha}$ gesetzt wird. Diese Formeln besagen nichts Anderes, als was sich unmittelbar einsehen läßt, nämlich: daß der pyrometrische Wärme-Effekt eines einfachen brennbaren Körpers gleich ist dem in Wärme-Einheiten ausgedrückten absoluten Wärme-Effekte desselben, dividirt durch das Produkt aus der relativen Gewichtsmenge des Verbrennungs-Produktes und dessen specifischer Wärme.

Bei der Entwickelung der Formeln (5.) wurde angenommen, daß der in reinem Sauerstoffgase verbrennende Körper ein einfacher sey; es kommt jetzt darauf an, ähnliche Formeln für den Fall aufzustellen, daß dieser Körper ein zusammengesetzter ist. Hierbei muß Folgendes als bekannt vorausgesetzt werden. Wenn A, B, C, D ... verschiedene Quantitäten desselben Fluidums bezeichnen, welche entsprechend eine Temperatur von $t, t', t'', t''',$ ... Graden C. haben, so wird die mittlere Temperatur des Gemenges aller dieser Fluida gleich:

$$\frac{At + Bt' + Ct'' + Dt''' \ldots}{A + B + C + D + \ldots} \qquad (R.)$$

Sind diese Fluida aber von verschiedener chemischer Beschaffenheit und folglich von verschiedener specifischer Wärme, so wird, wenn wir durch

$s, s', s'', s''', \ldots$ die entsprechenden Wärme-Capacitäten bezeichnen, die mittlere Temperatur des Gemenges:

$$\frac{Ast + Bs't' + Cs''t'' + Ds'''t''' + \ldots}{As + Bs' + Cs'' + Ds''' + \ldots} \qquad (R'.)$$

Durch Zuziehung dieser letzteren Formel läßt sich die in Rede stehende Aufgabe auf folgende Weise lösen. Es sey hierbei angenommen, daß das betreffende Brennmaterial aus a, b, c, d, ... Gewichtsmengen verschiedener brennbarer Stoffe zusammengesetzt sey. Alsdann wird, wenn einige früher eingeführte Bezeichnungen beibehalten werden,

durch Verbrennung von:	als Verbr.-Prd. gebildet:
a	$a(1 + S) = A$
b	$b(1 + S') = B$
c	$c(1 + S'') = C$
d	$d(1 + S''') = D$

u. s. w.

Die verschiedenen Temperaturen, welche durch die Verbrennung von a, b, c, d, ... erzeugt werden, oder mit anderen Worten, die Temperaturen der Verbrennungs-Produkte (A, B, C, D, ...) findet man leicht vermittelst der Formel (5.), nämlich:

durch Verbr. von:	entsteht die Temperatur:
a	$3000 \frac{S}{(1 + S)s} = t$
b	$3000 \frac{S'}{(1 + S')s'} = t'$
c	$3000 \frac{S''}{(1 + S'')s''} = t''$
d	$3000 \frac{S'''}{(1 + S''')s'''} = t'''$

u. s. w.

Substituirt man nun in der Formel (R') die eben gefundenen Werthe für A, B, C, D, ... und $t, t', t'', t''', \ldots$ so erhält man

$$P = 3000 \frac{aS + bS' + cS'' + dS''' + \ldots}{a(1+S)s + b(1+S')s' + c(1+S'')s'' + d(1+S''')s''' + \ldots} \qquad (6, a.)$$

Zweite For[mel] den pyrom[etrischen] Wärme-Ef[fect] Sauerst[off]

und wenn man $S = \frac{n}{\alpha}$, $S' = \frac{n'}{\beta}$, $S'' = \frac{n''}{\gamma}$, ... setzt:

$$P = 3000 \frac{a\frac{n}{\alpha} + b\frac{n'}{\beta} + c\frac{n''}{\gamma} + d\frac{n'''}{\delta} + \ldots}{a\left(1 + \frac{n}{\alpha}\right)s + b\left(1 + \frac{n'}{\beta}\right)s' + c\left(1 + \frac{n''}{\gamma}\right)s'' + d\left(1 + \frac{n'''}{\delta}\right)s''' + \ldots} \qquad (6, b.)$$

Diese Formeln drücken ein ganz ähnliches Resultat aus, wie die Formel (5.), nämlich folgendes. **Der pyrometrische Wärme-Effekt eines zusammengesetzten brennbaren Körpers ist gleich dem in Wärme-Einheiten angegebenen absoluten Wärme-Effekte desselben, dividirt durch die Summe der relativen Gewichtsmengen aller Verbrennungs-Produkte seiner Bestandtheile, jede dieser Gewichtsmengen multiplicirt mit der entsprechenden specifischen Wärme.**

Geschieht die Verbrennung des betreffenden Körpers, als welchen wir einstweilen wieder Kohlenstoff annehmen wollen, nicht in reinem Sauerstoffgase, sondern in **atmosphärischer Luft**, so muß der hervorgebrachte pyrometrische Wärme-Effekt begreiflicher Weise bedeutend geringer ausfallen, da sich alsdann der ganze Stickstoffgehalt desjenigen Quantums atmosphärischer Luft, dessen Sauerstoff bei der Verbrennung consumirt wurde, mit der bis zu 9873° C. erhitzten Kohlensäure mengt. Es kommt also in diesem Falle darauf an zu ermitteln: 1) wieviel Stickstoff durch die Verbrennung aus der atmosphärischen Luft abgeschieden — seines Gemengtheils Sauerstoff beraubt — worden ist, und 2) welcher mittlere Wärmegrad entsteht, wenn dieser Stickstoff, dessen Temperatur wir ohne erheblichen Fehler = 0° setzen können, sich mit der 9873° C. warmen Kohlensäure mengt. 100 Gwthle. atmosphärische Luft bestehen aus 23,1 Gwthln. Sauerstoff und 76,9 Gwthln. Stickstoff; auf 1 Gwthl. Sauerstoff kommen also $\frac{76,9}{23,1} = 3,33$ Gwthle. Stickstoff. Da nun 1 Gwthl. Kohlenstoff zu seiner Verbrennung $2^2/_3$ Gwthle. Sauerstoff verbraucht, so werden folglich hierbei aus der atmosphärischen Luft $2^2/_3 \times 3,33 = 8,88$ Gwthle. Stickstoff von 0° abgeschieden, welche sich mit $3^2/_3$ Gwthln. Kohlensäure von 9873° C. mengen. Die specifische Wärme der Kohlensäure ist = 0,2210, und die des Stickstoffs = 0,2754, also muß, nach Formel (R'), die gesuchte Temperatur seyn:

Pyrometrischer Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung in atmosph. Luft.

$$\frac{3^2/_3 \cdot 9873 \cdot 0,2210 + 8,88 \cdot 0 \cdot 0,2754}{3^2/_3 \cdot 0,2210 + 8,88 \cdot 0,2754} = 2458^\circ \text{ C.}$$

Ueberträgt man diese Bestimmungsweise des pyrometrischen Wärme-Effektes von dem gedachten speciellen Falle auf das Allgemeine und bedient man sich dabei der früher eingeführten Bezeichnungen, so ergiebt sich

Erste Formel für den pyrometrischen Wärme-Effekt in atmosph. Luft.

$$P = 3000 \frac{S}{(1 + S)\,s + 0,917\,S}$$

$$\text{oder } P = 3000 \frac{n}{(\alpha + n)\,s + 0,917\,n} \qquad (7.)$$

Zur Entwickelung einer ähnlichen allgemeinen Formel für die Verbrennung eines zusammengesetzten brennbaren Körpers in atmosphärischer Luft bedarf es der Bekanntschaft mit folgendem Satze. Wenn A, B, C, D, ... verschiedene Quantitäten von Flüssigkeiten bezeichnen, welche alle dieselbe Temperatur t, aber verschiedene Wärme-Capacitäten $s, s', s'', s''', \ldots$ besitzen, und man denkt sich diese bereits mit einander gemengten Fluida mit einem Fluidum Q gemischt, dessen Temperatur $= T$ und dessen specifische Wärme $= \sigma$ ist, so wird die mittlere Temperatur des ganzen Gemenges:

$$\frac{(As + Bs' + Cs'' + Ds''' + \ldots)\,t + Q.\sigma.T}{As + Bs' + Cs'' + Ds''' + \ldots + Q.\sigma} \qquad (R''.)$$

Auf welche Weise dieser Ausdruck im vorliegenden Falle in Anwendung gebracht wird, liegt sehr nahe. A, B, C, D, ... repräsentiren die verschiedenen Verbrennungs-Produkte der Bestandtheile a, b, c, d, ... des betreffenden Brennmaterials, $s, s', s'', s''', \ldots$ die Wärme-Capacitäten dieser Verbrennungs-Produkte, t ist gleich der Temperatur, welche durch Verbrennung des Brennmaterials in Sauerstoff hervorgebracht wird, also $= P$ in der Formel (6.), Q gleich der Menge des durch die Verbrennung aus der Luft abgeschiedenen Stickstoffs, σ gleich der specifischen Wärme des Stickstoffs und T gleich der ursprünglichen Temperatur desselben, die hier $= 0$ angenommen werden kann. Man hat also in dem Ausdrucke (R'') zu setzen:

$$A = a\,(1 + S),\ B = b\,(1 + S'),\ C = c\,(1 + S''), \ldots$$

$$s = s,\ s' = s',\ s'' = s'', \ldots$$

$$t = \frac{aS + bS' + cS'' + \ldots}{a(1 + S)\,s + b\,(1 + S')\,s' + c(1 + S'')\,s'' + \ldots}$$

$$Q = 3{,}33\,(aS + bS' + cS'' + \ldots)$$

$$\sigma = 0{,}2754$$

$$T = 0.$$

Führt man diese Substitution aus, so ergiebt sich:

$$P = 3000\frac{aS + bS' + cS'' + dS''' + \ldots}{[a(1+S)s + b(1+S')s' + c(1+S'')s'' + \ldots] + 0{,}917[aS + bS' + cS'' + \ldots]} \qquad (8, a.)$$

Zweite Formel f… den pyrometrisch… Wärme-Effekt i… atmosphär. Luft

oder, wenn man $S = \frac{n}{\alpha}$, $S' = \frac{n'}{\beta}$, $S'' = \frac{n''}{\gamma}, \ldots$ setzt,

$$P = 3000\frac{a\frac{n}{\alpha} + b\frac{n'}{\beta} + c\frac{n''}{\gamma} + d\frac{n'''}{\delta} + \ldots}{\left[a\left(1 + \frac{n}{\alpha}\right)s + b\left(1 + \frac{n'}{\beta}\right)s' + c\left(1 + \frac{n''}{\gamma}\right)s'' + \ldots\right] + 0{,}917\left[a\frac{n}{\alpha} + b\frac{n'}{\beta} + c\frac{n''}{\gamma} + \ldots\right]} \qquad (8, b.)$$

In diesen Formeln, von denen später Anwendungen gemacht werden sollen, bezeichnen also:

a, b, c, d,.... die relativen Gewichtsmengen der verschiedenen brennbaren Stoffe, aus welchen das betreffende Brennmaterial besteht, die ganze Menge desselben = 1 gesetzt,

S, S', S'',.... die relativen Sauerstoffmengen, mit welchen sich jene Gewichtsmengen bei der Verbrennung verbinden;

n, n', n'',.... die Anzahl der Sauerstoffatome, welche von je einem Atome der verschiedenen brennbaren Stoffe bei der Verbrennung aufgenommen werden;

α, β, γ,.... die Atomgewichte dieser Stoffe, das Atomgewicht des Sauerstoffs = 1 gesetzt;

s, s', s'',.... die specifische Wärme der Verbrennungs-Produkte der verbrannten Stoffe. —

Nach den hier aufgestellten, in Bezug auf die verschiedenen Fälle modificirten Formeln (5.) bis (8.) sind die pyrometrischen Wärme-Effekte mehrerer einfacher und zusammengesetzter brennbarer Körper, sowohl für die Verbrennung in Sauerstoffgas, als in atmosphärischer Luft berechnet und in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden.

Tab. V.

	Pyrometr. W.-E. in °C. bei der Verbr.	
	in Sauerst.	in atm. Luft.
Kohlenstoff	9873°	2458°
Baumöl	6024°	2122°
Kohlenwasserstoff = CH^2 .	5793°	2090°
Aether	5484°	2049°
Kohlenwasserstoff = CH^4 .	4800°	1945°
Alkohol *)	4521°	1910°
Wasserstoff	3172°	1611°

Diese Zahlen können keinen Anspruch auf vollkommne Genauigkeit machen, weil bei ihrer Berechnung einige Umstände außer Acht gelassen wurden, welche von keinem ganz unerheblichen Einflusse auf die pyrometrischen

*) Bei der Berechnung des pyrometrischen Wärme-Effektes des Alkohols ist berücksichtigt worden, daß die Formel des Alkohols = $C^4H^{10}O + H^2O$, daß der Alkohol also eine Quantität bereits gebildeten Wassers (19,37 Proc.) enthält, welche durch ihre Verdampfung den pyrometrischen Wärme-Effekt um ein Entsprechendes erniedrigt. Die latente Wärme des Wasserdampfes wurde dagegen nicht in Betracht gezogen.

Wärme-Effekte sind. Zuerst muß in dieser Hinsicht bemerkt werden, daß für die Coefficienten s, s′, s″, ... nur diejenigen Zahlenwerthe angenommen wurden, welche sich auf die Wärme-Capacitäten dieser Gase bei gewöhnlicher Luft-Temperatur beziehen. Die Coefficienten sind also, da die Wärme-Capacität mit der Temperatur zunimmt, alle zu klein in Rechnung gebracht, denn sie hätten auf die Verbrennungs-Temperatur bezogen werden sollen. Da dieselben ausschließlich im Nenner der betreffenden Formeln vorkommen, so ist also der berechnete pyrometrische Wärme-Effekt etwas zu groß ausgefallen. Ein zweiter unberücksichtigt gebliebener Umstand liegt darin, daß die brennbaren Körper, bevor sie zur Verbrennung gelangten, nothwendiger Weise schon eine bis zu einem gewissen Grade erhöhte Temperatur besitzen mußten. So z. B. hat das Baumöl an seiner brennenden Oberfläche eine Temperatur von 315° C., denn bei dieser kocht es oder zersetzt sich vielmehr in verschiedene gasförmige Produkte. Das kalte Baumöl verbrennt nicht direkt, sondern die aus ihm entwickelten 315° C. warmen Gase gelangen zur Verbrennung, wodurch der pyrometrische Wärme-Effekt also um ein Entsprechendes höher ausfallen muß. Auf den pyrometrischen Wärme-Effekt des Alkohols und Aethers kann dieser Umstand, wegen des niedrigen Siedepunktes dieser Flüssigkeiten, nur einen sehr geringen, und auf die Verbrennungs-Temperatur der brennbaren Gase (H, CH^2, CH^4) begreiflicher Weise gar keinen Einfluß haben. Beim Kohlenstoff hätte dagegen berücksichtigt werden sollen, daß es eigentlich die bis zum Glühen erhitzte Kohle ist, welche verbrennt. — Der erste der gedachten beiden Umstände dürfte die relative Größe der pyrometrischen Wärme-Effekte wohl nur unerheblich modificiren, der andere dagegen hat eine nicht ganz unbedeutende Erhöhung der Verbrennungs-Temperaturen des Kohlenstoffs und Baumöls zur Folge.

Allgemeine Resultate in Bezug auf den pyrometrischen Wärme-Effekt.

Trotz der hier angedeuteten, schwer zu umgehenden Ungenauigkeiten, mit welchen die in Tab. V. zusammengestellten Resultate behaftet sind, dürften dieselben gleichwohl ein für unseren Zweck hinreichend genaues Bild von den pyrometrischen Wärme-Effekten einiger brennbaren Substanzen geben. Es läßt sich aus dieser Zusammenstellung hauptsächlich Folgendes ableiten:

1) Der pyrometrische Wärme-Effekt des Kohlenstoffs ist größer, der des Wasserstoffs kleiner als der jedes der anderen brennbaren Körper. Die Verbrennungs-Temperatur des Kohlenstoffs ist über dreimal so groß als die des Wasserstoffs. Die flammbaren Brennmaterialien müssen daher alle einen niedrigeren pyrometrischen Wärme-Effekt besitzen als die nicht flammbaren, d. h. der mehr oder weniger reine Kohlenstoff.

2) Der pyrometrische Wärme-Effekt verschiedener brennbarer Substanzen,

llgemeine Resul-ate in Bezug auf n pyrometrischen Wärme-Effekt.

deren Brennbarkeit auf ihren Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff beruht, ist um so größer, je mehr Kohlenstoff sie enthalten.

3) Der Unterschied zwischen den pyrometrischen Wärme-Effekten verschiedener brennbarer Substanzen ist bei der Verbrennung in Sauerstoff weit bedeutender als in atmosphärischer Luft. So z. B. beträgt dieser Unterschied für Kohlenstoff und Wasserstoff bei der Verbrennung in Sauerstoffgas über 6000° C. und bei der Verbrennung in atmosphärischer Luft nur etwa 800° C.

Warum der pyro-etrische Wärme-ff it des Kohlen-fs größer als der d.s Wasserstoffs.

Es hat anscheinend etwas Widersprechendes, daß der **pyrometrische** Wärme-Effekt des Kohlenstoffs über 3 mal so groß als der des Wasserstoffs ist, während doch in Bezug auf den **absoluten** Wärme-Effekt dieser Substanzen das Umgekehrte stattfindet. Der Grund hiervon liegt zum Theil darin, daß die specifische Wärme des Wasserdampfes fast 4 mal so groß ist als die der Kohlensäure. Die durch Verbrennung des Wasserstoffs erzeugte Wärmemenge ist also an einen Körper, den Wasserdampf, gebunden, welcher eine beinahe 4 mal so große Wärmemenge gebraucht, um bis auf einen gewissen Grad erhitzt zu werden als die Kohlensäure, an welche die durch Verbrennung des Kohlenstoffs entwickelte Wärme gebunden ist. Ferner aber, und dies ist fast eben so wesentlich, liefert 1 Gwthl. Wasserstoff bei der Verbrennung 9 Gwthle. Wasserdampf, während 1 Gwthl. Kohlenstoff hierbei nur $3^2/_3$ Gwthle. Kohlensäure erzeugt.

Endlich muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die in Tab. V. angegebenen Verbrennungs-Temperaturen sich natürlicher Weise nur auf diejenige Stelle des Brennmaterials oder der Flamme desselben beziehen, wo die wirkliche Verbrennung stattfindet. Diese Stelle kann, bei ungünstigen äußeren Umständen, einen verhältnißmäßig sehr kleinen Raum einnehmen und der pyrometrische Wärme-Effekt dadurch scheinbar ein geringerer werden. Im folgenden Abschnitte, von den Wärme-Beförderungsmitteln, wird davon die Rede seyn, wie diese Stelle der Verbrennung (die brennende Oberfläche), und folglich der aus dem pyrometrischen Wärme-Effekte gezogene Nutzen, zweckmäßig vergrößert werden kann. —

II. Vom Holze.

A. Eigenschaften des Holzes.

Die verschiedenen Baumarten, deren Holz auf europäischen Hüttenwerken als Brennmaterial benutzt zu werden pflegt, sind hauptsächlich folgende:

rten der Hölzer.

1) **Laubhölzer:** Ahorn, Acer pseudoplatanus; Birke, Betula alba; Buche (Weiß- oder Hainbuche, Carpinus betulus, und Rothbuche, Fagus sylvatica); Eiche (Stein- oder Traubeneiche, Quercus robur, und Stiel-

eiche, Quercus pedunculata); Erle, Betula alnus; Esche, Fraxinus excelsior; Linde, Tilia europaea; Pappel (Zitterpappel oder Espe, Populus tremula; Schwarzpappel, Populus nigra, und italienische Pappel, Populus italica); Ulme oder Rüster, Ulmus campestris; Weide (Baumweide, Salix alba, und Saalweide, Salix caprea).

2) Nadelhölzer: Fichte oder Roth-Tanne, Pinus picea; Kiefer oder Föhre, Pinus sylvestris; Lärche, Pinus larix; Tanne, Edel-Tanne oder Weiß-Tanne, Pinus abies.

Harte und weiche Hölzer.

In der Praxis pflegt man die Hölzer dieser verschiedenen Baumarten, nach ihrer mehr oder weniger dichten Struktur und der damit in Verbindung stehenden specifischen Schwere, in harte und weiche Hölzer einzutheilen. Zu den harten Hölzern rechnet man: 1) Ahorn, 2) Birke, 3) Buche, 4) Eiche, 5) Erle, 6) Esche, 7) Ulme, und zu den weichen: 1) Linde, 2) Pappel, 3) Weide, 4) Fichte, 5) Kiefer, 6) Lärche, 7) Tanne.

Nicht bloß die Holzsubstanz des Stammes dient als Brennmaterial, sondern auch die Zweige, die Rinde und die Wurzeln werden als solches angewendet. Die Verschiedenheit dieser Baumtheile in Bezug auf Brennbarkeit, Flammbarkeit und Wärme-Effekt ist nicht unbedeutend; da aber das Stammholz in durchaus überwiegender Menge verbraucht wird, so ist es für unseren Zweck ausreichend, hauptsächlich nur dieses letztere in nähere Betrachtung zu ziehen.

Bestandtheile des Holzes.

Alles Holz besteht aus Holzfaser und Pflanzensaft, welche erstere in ihren Poren zugleich eine mehr oder weniger beträchtliche Menge Luft einschließt. So weit die bis jetzt hierüber angestellten Untersuchungen reichen, hat die Holzfaser, von welcher botanischen Species dieselbe auch seyn möge, stets dieselbe chemische Zusammensetzung. Die Verschiedenheit der Holzarten in Bezug auf Brennbarkeit, Flammbarkeit und Wärme-Effekt wird daher nur bedingt: 1) durch die mechanische Beschaffenheit, d. h. durch die mehr oder weniger poröse Struktur der Holzfaser, und 2) durch die chemische Constitution des Saftes.

Bestandtheile der Holzfaser.

Die Bestandtheile der Holzfaser sind: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar sind die letzteren beiden ziemlich nahe in dem Verhältnisse vorhanden, in welchem sie Wasser bilden*). Man kann also die Holzfaser gewissermaßen als ein Hydrat des Kohlenstoffs betrachten. Zwar wird diese Ansicht chemischerseits dadurch widerlegt, daß bei der trocknen Destillation des Holzes keineswegs sich bloß Wasser verflüchtigt und Kohle zurückbleibt, sondern, daß hierbei eine Menge verschiedenartiger Zersetzungs-Produkte entstehen, welche es darlegen, daß die drei Bestandtheile des Hol-

*) Das Verhältniß kommt 1 : 7 näher als 1 : 8.

Bestandtheile der Holzfaser.

zes nicht auf die gedachte einfache Art mit einander verbunden seyn können; allein dennoch kann diese sich durch ihre Einfachheit empfehlende Ansicht für gewisse Fälle festgehalten werden. Das Gewichtsverhältniß, in welchem hiernach Kohlenstoff und Wasser in der Holzfaser vorhanden angenommen werden können, ist, nach Gay-Lussac's und Thénard's Versuchen, sehr nahe = 52 : 48, nach Petersen und Schödler (welche 24 verschiedene Holzarten untersuchten) durchschnittlich = 49,3: 50,7, und nach Chevandier's neueren Versuchen = 50,5 : 49,5. Für die Praxis läßt sich also annehmen, daß die Holzfaser annähernd aus gleichen Theilen Kohlenstoff und Wasser besteht.

Die chemische Gleichartigkeit der Holzfaser verschiedener Holzarten wird nicht allein durch die gleiche procentische Zusammensetzung derselben bewiesen, sondern auch durch die Uebereinstimmung der betreffenden specifischen Gewichte. Rumford fand nämlich das specifische Gewicht der aus verschiedenen Hölzern dargestellten Holzfaser, wie folgt:

Spec. Gew. der Holzfaser.

Holzfaser von:	Spec. Gew.
Eichenholz	1,5344
Buchenholz	1,5284
Ulmenholz	1,5186
Pappelholz	1,4854
Birkenholz	1,4848
Lindenholz	1,4846
Tannenholz	1,4621
Ahornholz	1,4599

Die geringe Verschiedenheit, welche zwischen diesen specifischen Gewichten stattfindet, ist wohl nur dem Umstande zuzuschreiben, daß es sehr schwierig ist, die Holzfaser vollkommen rein und von aller eingeschlossenen Luft befreit darzustellen.

Saft des Holzes.

Der Saft des Holzes besteht zum größten Theile aus Wasser, welches verschiedene organische und unorganische Substanzen theils aufgeschwemmt, theils aufgelöst enthält. — Besonders die organischen Saftbestandtheile sind es, welche bei verschiedenen Holzarten eine sehr von einander abweichende Beschaffenheit zeigen und dadurch eine chemische Verschiedenheit des Saftes bedingen. So z. B. enthält der Saft der Nadelhölzer Harz und der des Eichenholzes Gerbstoff. Wären diese Stoffe in beträchtlicher Menge in den betreffenden Hölzern vorhanden, so würden sie eine wesentliche Verschiedenheit derselben zur Folge haben, indem Harz eine sehr leicht und unter bedeutender Wärmeentwickelung verbrennbare Substanz ist, Gerbstoff dagegen nur sehr schwierig verbrennt und dabei eine weit geringere Wärmemenge entwickelt. Die im Safte enthaltene Quantität dieser

Organ. Bestandtheile desselben.

Stoffe ist aber, im Verhältniß zur Menge der Holzfaser nur so gering, daß, wenigstens in Bezug auf den Brenn-Effekt, keine erheblichen Modifikationen dadurch bewirkt werden. — Die unorganischen Saftbestandtheile sind, ihrer Qualität nach, allen Holzarten gemein; sie bestehen besonders aus Kalkerde, Kali, Natron, Talkerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Kieselerde, Chlor, Schwefel, Schwefelsäure, Phosphor und Phosphorsäure. Die erstgenannten dieser Stoffe sind theils an organische Säuren, theils an Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure gebunden; die Kieselerde scheint im ungebundenen Zustande vorhanden zu seyn, während Schwefel und Phosphor als Bestandtheile des Pflanzeneiweißes auftreten. Beim Verbrennen des Holzes bleiben die unorganischen Saftbestandtheile zurück und bilden die Asche. Die pflanzensauren Erden und Alkalien werden hierbei in kohlensaure Salze umgewandelt. Der größte Theil der Asche besteht aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Alkali.

Unorgan. Bestandtheile desselben.

Asche.

In den meisten Fällen gewährt es ein hinreichend genaues Bild von der Zusammensetzung des Holzes, wenn man dasselbe als aus fester Holzmasse (Pflanzenfaser und feste Saftbestandtheile zusammengenommen) und Wasser bestehend betrachtet; nur in einigen Fällen wird es erfordert, zugleich auch auf die mechanisch eingeschlossene Luft und auf die relative Menge der unorganischen Saftbestandtheile Rücksicht zu nehmen. Das Gewichts-Verhältniß, in welchem feste Holzmasse und Wasser zu einander stehen, kann, je nach der Art und dem Trockenheitszustande des Holzes, ein sehr verschiedenes seyn. Welche bedeutende Rolle die Art des Holzes hierbei spielt, geht aus folgender, nach den Versuchen von Schübler und Neuffer zusammengestellten Tabelle hervor. Sämmtliche darin angeführten Hölzer befanden sich im frisch gefällten Zustande.

Einfaches Bild von der Zusammensetzung des Holzes.

Verschiedener Wassergehalt des Holzes

ist zum Theil bedingt durch die Art des Holzes.

Tab. VI.

Holzarten:	Wassergehalt in 100 Gwthln.
Hainbuche	18,6
Saalweide	26,0
Ahorn	27,0
Esche	28,7
Birke	30,8
Traubeneiche	34,7
Stieleiche	35,4
Edeltanne	37,1
Kiefer	39,7
Rothbuche	39,7
Erle	41,6

Holzarten:	Wassergehalt in 100 Gwthln.
Espe	43,7
Ulme	44,5
Rothtanne	45,2
Linde	47,1
Italienische Pappel	48,2
Lärche	48,6
Baumweide	50,6
Schwarzpappel	51,8

nd durch die Fäl-
ungszeit desselben.

Der Wassergehalt, welchen eine und dieselbe Holzart im lebenden oder frisch gefällten Zustande besitzt, ist nicht constant, sondern, unter anderen Umständen, besonders von der Jahreszeit abhängig. Im Winter und Spätherbste besitzt jeder Baum, aus naheliegenden Gründen, einen geringeren Saftreichthum als im Frühjahr und Sommer. Alles Holz also, welches in den beiden erstgenannten Jahreszeiten gefällt worden ist, enthält weniger Wasser als das in den beiden letzteren gefällte. Auch hierüber haben Schübler und Neuffer Versuche angestellt, und dabei folgende Resultate erhalten.

Tab. VII.

Holzarten:	Wassergehalt Ende Januar:	Wassergehalt Anfang April:
Esche	28,8	38,6
Ahorn	33,6	40,3
Roßcastanie	40,2	47,1
Edeltanne	52,7	61,0

Wird frisch gefälltes Holz während längerer Zeit an einem luftigen und trocknen Orte bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt, so vermindert sich sein Wassergehalt bis zu einer gewissen Gränze. Holz, welches auf diese Weise und bis zu einem solchen Grade getrocknet wurde, nennt man lufttrocknes Holz. Der in demselben noch vorhandene Wassergehalt, welcher, nach Rumford's Versuchen, bei verschiedenen Holzarten annähernd gleich groß zu seyn scheint, wird erst bei einer über dem Kochpunkte des Wassers liegenden Temperatur (etwa bei 120° C.) vollständig ausgetrieben. Rumford fand den Wassergehalt folgender lufttrockner Holzarten wie folgt:

ufttrocknes Holz.

Tab. VIII.

Holzarten:	Wassergehalt:
Eiche	16,64
Tanne	17,53
Ulme	18,20

Holzarten:	Wassergehalt:
Buche	18,56
Ahorn	18,63
Linde	18,79
Birke	19,38
Pappel	19,55

Ohne erheblichen Fehler läßt es sich also annehmen, daß lufttrocknes Holz etwa 18—20 Proc. Wasser und 82—80 Proc. feste Holzmasse, nämlich Pflanzenfaser und feste Saftbestandtheile, enthält. Wird von diesen 80 bis 82 Proc. feste Holzmasse die Menge der unorganischen, festen Saftbestandtheile, der Aschengehalt, in Abzug gebracht, so erhält man das Quantum der wirklich brennbaren Holzmasse.

Aschenmenge des Holzes.

Die Aschenmenge des Holzes ist hauptsächlich verschieden 1) je nach der Art des Holzes, sowohl in Bezug auf die botanische Species, als auch hinsichtlich des Baumstückes: Stamm, Rinde, Wurzel und Aeste; und 2) je nach der Beschaffenheit des Erdbodens, auf welchem dasselbe gewachsen ist. Manche Hölzer hinterlassen beim Verbrennen kaum 1 Proc., ja zuweilen kaum 1/2 Proc. Asche, andere dagegen 2—5 Proc. Berthier erhielt bei der vollständigen Verbrennung folgender lufttrockner Hölzer folgende Aschengehalte.

Tab. IX.

Holzarten:	Aschenmenge in Procenten:
Fichte	0,83
Birke	1,00
Kiefer	1,24
Eiche	2,50
Linde	5,00

Eine Reihe von Versuchen, welche von Karsten über den Aschengehalt verschiedener Holzarten angestellt wurden, gaben folgende Resultate.

Tab. X.

Holzarten:	Aschenmenge in Procenten, vom jungen H.	vom alten H.
Kiefer	0,12	0,15
Fichte	0,15	0,15
Eiche	0,15	0,11
Tanne	0,23	0,25
Birke	0,25	0,30
Weißbuche	0,32	0,35
Erle	0,35	0,40
Rothbuche	0,38	0,40
Linde	0,40	—

Die neuesten Versuche über den Aschengehalt einiger Holzarten wurden von Chevandier angestellt. Derselbe untersuchte sowohl das Holz der Stämme, als das der Aeste und jüngeren Zweige. Alle Holzarten wurden im vollkommen (bei 140° C. im luftleeren Raume) getrockneten Zustande angewendet, und die Holzstücke stets mit dem dazu gehörigen Theile der aschenreicheren Rinde verbrannt. Folgendes ist das Ergebniß der Versuche.

Tab. XI.

1) Birkenholz.

Alter des Holzes:	Theil des Baumes:	Aschengehalt in Procenten:
60 Jahr	Stamm	0,71
50—60 »	Aeste	1,26
35 »	»	1,54
30 »	»	1,16
nicht bestimmt	»	1,03
» »	junge Zweige	0,60

2) Rothbuchenholz.

Alter des Holzes:	Theil des Baumes:	Aschengehalt in Procenten:
70 Jahr	Stamm	0,86
69 »	»	0,88
58 »	»	1,00
120 »	Aeste	1,93
70—80 »	»	1,94
70—80 »	»	1,71
nicht bestimmt	»	2,15
25—30 Jahr	junge Zweige	1,50
nicht bestimmt	» »	1,29

3) Espenholz.

Alter des Holzes:	Theil des Baumes:	Aschengehalt in Procenten:
25 Jahr	Stamm und Aeste	1,86
25 »	Aeste	2,98

4) Eichenholz.

Alter des Holzes:	Theil des Baumes:	Aschengehalt in Procenten:
120 Jahr	Stamm	2,43
nicht bestimmt	Aeste	2,03
130 Jahr	»	2,16
70 »	»	2,10
50 »	»	1,56
30 »	»	1,45
nicht bestimmt	junge Zweige	1,68

5) Weidenholz.

Alter des Holzes:	Theil des Baumes:	Aschengehalt in Procenten:
20 Jahr . . .	Stamm	3,67
20 » . . .	Aeste	4,57

Da sich diese Aschengehalte auf die völlig trocknen, bei 140° C. getrockneten Hölzer beziehen, und da lufttrocknes Holz, wie oben angeführt wurde, ungefähr 20 Proc. Feuchtigkeit enthält, so sind folglich die Aschengehalte der lufttrocknen Holzarten um $^1/_5$ kleiner als die in der vorstehenden Tabelle angegebenen. Um die ersteren zu finden, braucht man also die letzteren nur mit $^4/_5$ zu multipliciren. Auf diese Weise findet man durchschnittlich:

Tab. XII.

	Aschengehalt:
Birkenholz	
Stamm	0,57 Proc.
Aeste	1,00 »
Junge Zweige	0,48 »
Rothbuchenholz.	
Stamm	0,73 »
Aeste	1,54 »
Junge Zweige	0,72 »
Espenholz.	
Stamm und Aeste	1,49 »
Aeste	2,38 »
Eichenholz.	
Stamm	1,94 »
Aeste	1,49 »
Junge Zweige	1,32 »
Weidenholz.	
Stamm	2,94 »
Aeste	3,66 »

Der Aschengehalt derjenigen Holzarten, welche im nördlichen Europa am häufigsten als Brennmaterialien angewendet werden, läßt sich, zufolge der gegebenen Uebersichten, durchschnittlich kaum höher als 1 Procent annehmen. Hiernach läßt sich also folgendes allgemeine Bild von der Zusammensetzung dieser Hölzer entwerfen. Gewöhnliches lufttrocknes Holz kann betrachtet werden als bestehend aus etwa:

Einfaches Bild von der Zusammens. des lufttrocknen Holzes.

20 Proc. hygroskopischem Wasser,
40 » chemisch gebundenem Wasser,
40 » Kohle, incl. 1 Proc. Aschentheile.

In Fällen, bei welchen später von der Zusammensetzung des Holzes im Allgemeinen die Rede seyn wird, bezieht sich dies immer auf dieses Verhältniß der Bestandtheile.

Durch Erhitzen bis zu einer etwas über dem Kochpunkte des Wassers liegenden Temperatur, etwa bis zu 120° C., verliert das Holz sein sämmtliches hygroskopisches Wasser, und wird in diesem Zustande gedarrtes Holz genannt. Nach dem zuvor Angeführten kann dasselbe betrachtet werden, als bestehend aus:

Einfaches Bild von der Zusammensetzung des gedarrten Holzes.

50 Proc. chemisch gebundenem Wasser,
50 » Kohle, incl. der Asche.

Erhitzt man Holz bis zu einer noch höher liegenden Temperatur, so fängt es an zu sich bräunen, indem sich die Holzfaser chemisch zersetzt. Das Nähere über diesen Zustand des Holzes wird später, bei der Holzverkohlung, angeführt werden.

Brennbarkeit des Holzes.

Die Brennbarkeit der weichen Hölzer ist im Allgemeinen größer als die der harten, und unter den weichen sind es die Nadelhölzer, welche, vermittelst ihres Gehaltes an Harz und flüchtigem Oel, sich am leichtesten entzünden und am lebhaftesten fortbrennen. Das Birkenholz wird durch die leichte Entzündbarkeit seiner Rinde in dieser Beziehung den Nadelhölzern nahe gebracht.

Flammbarkeit des Holzes.

Die Flammbarkeit der verschiedenen Holzarten steht etwa in gleichem Verhältnisse wie die Brennbarkeit derselben. Unter allen Hölzern geben die Nadelhölzer, besonders die harzreichen, die längste Flamme.

Absolut. W.-E. des Holzes.

Der absolute Wärme-Effekt der verschiedenen, sich in gleichem Trockenheitszustande befindlichen Hölzer kann, der Theorie nach, nur sehr geringen Verschiedenheiten unterworfen seyn, da, wie gezeigt wurde, alles lufttrockne Holz als aus etwa 60 Gwthln. hygroskopischem und chemisch gebundenem Wasser und aus 40 Gwthln. Kohle, incl. Aschentheilen, zusammengesetzt betrachtet werden kann. In der That haben auch direkte Versuche dies hinreichend bestätigt. Winkler untersuchte, nach der Berthier'schen Methode, den absoluten Wärme-Effekt von 12 verschiedenen Holzarten, welche während längerer Zeit in einem geheizten Zimmer getrocknet worden waren, und sich in gleichem Trockenheitszustande befanden. Derselbe fand hierbei, daß:

1 Gwthl. Eschenholz reducirt 14,96 Gwthle. Blei.
1 » Ulmenholz » 14,50 » »
1 » Lindenholz » 14,48 » »

1	Gwthl.	Ahornholz	reducirt	14,16	Gwthle. Blei.
1	»	Birkenholz	»	14,08	» »
1	»	Eichenholz	»	14,05	» »
1	»	Buchenholz	»	14,00	» »
1	»	Fichtenholz	»	13,88	» »
1	»	Tannenholz	»	13,86	» »
1	»	Kiefernholz	»	13,27	» »
1	»	Weidenholz	»	13,10	» »
1	»	Pappelholz	»	13,04	» »

Im Mittel aus diesen 12 Versuchen reducirte 1 Gwthl. Holz 13,95 Gwthle., also sehr nahe 14 Gwthle. Blei, von welcher Durchschnittszahl die Resultate der einzelnen Versuche nur wenig abweichen. Der Grund dieser Abweichung ist theils dem verschiedenen Aschengehalte, theils der Art und Menge der organischen Saftbestandtheile, theils aber auch wohl der unvermeidlichen Ungenauigkeit des Versuches zuzuschreiben. Der durchschnittliche absolute Wärme-Effekt dieser Holzarten, im Vergleich zu dem des Kohlenstoffs, ergiebt sich nach diesen Versuchen $= \frac{13,95}{34} = 0,41$ (Siehe die Berthier'sche Methode zur Best. des absol. Wärme-Effektes). — Da Winkler ermittelte, daß sämmtliche angewendeten Hölzer etwa 9 Proc. hygroskopische Feuchtigkeit enthielten, und da man den Aschengehalt derselben etwa zu 1 Proc. in Anschlag bringen kann, so läßt sich folglich die Zusammensetzung derselben annehmen zu: 55 Proc. Wasser, incl. Aschentheile, und 45 Proc. Kohle, woraus sich, im Vergleich zu reinem Kohlenstoff, ein absoluter Wärme-Effekt von 0,45 ergiebt. Diese durch Rechnung gefundene Zahl ist von der durch den Versuch ermittelten, 0,41, nicht erheblich verschieden. Wäre es möglich, die ganze Menge der aus dem erhitzten Holze entwickelten brennbaren Gase reducirend auf das Bleioxyd wirken zu lassen, so würde die Uebereinstimmung ohne Zweifel noch größer seyn. Sowohl zufolge der Theorie als der bisher hierüber angestellten Versuche ergiebt es sich daher als ein wichtiger Satz: daß der absolute Wärme-Effekt verschiedener, sich aber in gleichem Trockenheitszustande befindender Holzarten annähernd gleich groß ist. Der absolute Wärme-Effekt des lufttrocknen Holzes (mit ungefähr 40 Proc. Kohle) kann zu 0,40, und der des gedarrten Holzes (mit etwa 50 Proc. Kohle) kann zu 0,50 angenommen werden, wenn man den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 1,00 setzt.

Specif. W.-E. des Holzes.

Aus dem eben ausgesprochenen Satze, daß der absolute Wärme-Effekt verschiedener gleich trockner Hölzer annähernd gleich groß ist, folgt unmittelbar: daß der specifische Wärme-Effekt von Holzarten mit gleichem Wassergehalt sich wie das specifische Gewicht dersel-

ben verhält; und es werden also zur Ermittelung des specifischen Wärme-Effektes nur die Bestimmungen der betreffenden specifischen Gewichte *) erfordert. Diese sind bereits von verschiedenen Beobachtern gemacht worden, haben aber keine sehr übereinstimmenden Resultate gegeben, wie sich dies auch bei näherer Betrachtung nicht anders erwarten läßt. Für's Erste ist es nicht leicht, die verschiedenen Holzarten auf einen gleich großen Wassergehalt zu bringen, und für's Zweite ist die Dichtigkeit, also das spec. Gew., des Holzes außerdem noch von einer Menge Nebenumstände abhängig, welche sich sehr schwer controliren lassen. So haben z. B. verschiedene Theile eines und desselben Baumes, wie Astholz, Kernholz, Schwartholz (das der Rinde zunächst gelegene) und Wurzelholz nicht unerheblich verschiedene specifische Gewichte. Ein Gleiches findet statt mit Hölzern, die auf verschiedenem Boden gewachsen sind. In dieser Hinsicht kann im Allgemeinen angenommen werden, daß Bäume, welche auf höheren Bergen und überhaupt in einem kälteren Klima aufwuchsen, bedeutend dichteres Holz besitzen als Bäume, die in der Ebene und hier vielleicht gar auf sumpfigem Boden standen. Aus diesem Grunde ist z. B. alles Norwegische und Schwedische Nadelholz in der Regel dichter und besser als das Deutsche und Französische. Auch der Gehalt an Aschentheilen übt einen Einfluß auf das spec. Gew. aus; Holzarten, welche viel unorganische Saftbestandtheile enthalten, erlangen dadurch eine verhältnißmäßige größere specifische Schwere. Ferner sind hierbei das Alter des Baumes und die Fällungszeit desselben zu berücksichtigen. Junge Bäume enthalten mehr undichtes, schwammiges Holz als ältere; sehr alte Bäume können aber wieder durch Wurmfraß, chemische Zersetzung der Holzsubstanz u. s. w. an Dichtigkeit verlieren. Holz, welches im Frühjahr oder Sommer, also in vollem Saftreichthume und bei größter Expansion der Saftgefäße gefällt und darauf lufttrocken gemacht wurde, wird nicht so dicht seyn als Holz derselben Gattung, welches man im Herbst oder Winter fällte und darauf an der Luft austrocknen ließ. Aus gleichem Grunde trocknet Holz, welches auf lange Strecken geflößt wurde, oder überhaupt lange Zeit im Wasser lag und durch Einsaugung von Feuchtigkeit ein größeres Volumen erlangte, nie so stark zusammen als Holz, welches man gleich nach dem Fällen an einem trocknen Orte dem Luftzuge aussetzte. Alle diese Umstände und noch andere sollten bei der Ermittelung

*) Hierbei wird natürlich das specifische Gewicht des lufttrocknen oder noch schärfer getrockneten Holzes mit seinen lufterfüllten Zwischenräumen gemeint. Das Holz darf daher nicht, wenigstens nicht ohne vorher mit einer dünnen Schicht eines wasserdichten Firnisses überzogen zu seyn, unter Wasser gewogen werden. Am genauesten verfährt man, wenn man das absolute Gewicht von Holzstücken ermittelt, deren Volumen bekannt ist, und aus diesen Daten das specifische Gewicht durch Rechnung findet.

des specifischen Gewichtes der Hölzer berücksichtigt werden. Daß dies sehr große Schwierigkeiten hat, ist nicht zu läugnen, aber eben so wenig kann es geläugnet werden, daß bei der Nichtbeachtung dieser Umstände keine genauen, und daß von verschiedenen Beobachtern keine übereinstimmenden Resultate erhalten werden können.

Relativer Werth des Holzes.

Besäße jede der verschiedenen Holzarten in lufttrocknem Zustande ein constantes, von keinem der eben erwähnten Nebenumstände abhängiges specifisches Gewicht, so wäre dies eine große Erleichterung für die Praxis. Da nämlich alles Brennholz nach dem Volumen eingekauft wird, so würden solchenfalls die relativen Geldwerthe der verschiedenen Hölzer ein für allemal in dem nämlichen Verhältnisse zu einander stehen müssen, wie die specifischen Gewichte derselben, vorausgesetzt daß in den Haufen, in welchen das Holz aufgeschichtet ist, die Summe der leeren Räume zwischen den Holzscheiten eines Haufens zum ganzen Volumen desselben in einem constanten Verhältnisse stände. Da letzteres aber keinesweges der Fall ist, so werden die ohnehin schon stattfindenden Schwierigkeiten der Werthbestimmung des Holzes hierdurch noch vermehrt. Die Theorie kann in dieser Hinsicht also nur ein ungefähres Anhalten darbieten; das Nähere muß dem praktischen Blicke überlassen bleiben. Die bisher von verschiedenen Beobachtern ausgeführten specifischen Gewichts-Bestimmungen der Holzarten können also nur dazu dienen, dem Praktiker eine approximative Richtschnur an die Hand zu geben, nach welcher er ihren relativen Werth als Brennmaterial beurtheilen kann.

Karmarsch berechnete das specifische Gewicht mehrerer vollkommen trockner*) Holzsorten aus den Daten, welche sich aus dem Volumen und dem absoluten Gewichte der einzelnen Holzstücke ergaben. Keines derselben hatte ein Volumen unter 10 und über 24 Cub.-Zoll. Er gelangte hierdurch zu Resultaten, wie sich dieselben in der ersten Rubrik der folgenden Tabelle angegeben finden. Die zweite Rubrik dieser Tabelle enthält mehrere specifische Gewichte, welche Karmarsch in seiner betreffenden Abhandlung als aus Gehler's physikalischem Wörterbuche entlehnt anführt; und die dritte Rubrik giebt einige Bestimmungen von Barlow an, welche ebenfalls in jene Abhandlung aufgenommen wurden.

	I.	II.	III.
Ahorn	0,645	0,750	—
Apfelbaum	0,734	0,793	—

*) Ob hier unter »vollkommen trocknes« Holz gewöhnliches lufttrocknes Holz mit 18 bis 20 Proc. Feuchtigkeit gemeint ist, oder ob darunter ein noch schärfer ausgetrocknetes Holz verstanden wird, findet man an der betreffenden Stelle (Prechtl's Jahrbuch, Bd. 18, S. 120) nicht angegeben.

Relativer Werth des Holzes.

	I.	II.	III.
Birke	0,738	—	—
Birnbaum	0,732	0,661	0,646
Buche (Rothbuche) . .	0,750	0,852	0,690—0,740
Buchsbaum	0,942	0,912—1,031	0,960—1,024
Eibenbaum	0,744	0,788—0,807	0,764—0,920
Eiche	0,650	—	—
Erle	0,538	0,660—0,680	—
Esche	0,670	0,845	0,540—0,730
Föhre	0,763	—	—
Lärche	0,565	—	—
Linde	0,559	0,604	—
Nußbaum	0,660	0,671	—
Pappel	0,387	0,383	—
Pflaumbaum	0,872	0,785	—
Roßkastanie	0,551	—	—
Tanne	0,481	0,498—0,550	0,504—0,746
Ulme	0,568	0,671	—
Weißbuche	0,728	—	—
Weißdorn	0,871	—	—

Schübler und Neuffer ermittelten auf gleiche Weise das specifische Gewicht von 22 verschiedenen Hölzern, sowohl im frischgefällten als im lufttrocknen Zustande. Die Güte der frischgefällten Hölzer steht natürlich nicht in dem Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte, da der Wassergehalt derselben, wie bereits früher erwähnt wurde, ein sehr verschiedener ist.

	frischgefällt.	lufttrocken.
Steineiche	1,075	. 0,708
Stieleiche	1,049	. 0,678
Baumweide	0,986	. 0,487
Buche	0,982	. 0,591
Ulme	0,948	. 0,547
Weißbuche	0,945	. 0,770
Lärche	0,921	. 0,474
Kiefer	0,912	. 0,550
Ahorn	0,904	. 0,659
Esche	0,904	. 0,644
Birke	0,901	. 0,627
Vogelbeere	0,899	. 0,644

Relativer Werth des Holzes.

	frischgefällt.	lufttrocken.
Edeltanne	0,894	0,555
Rothtanne	0,870	0,472
Mehlbeere	0,863	0,591
Roßkastanie	0,861	0,575
Erle	0,857	0,500
Linde	0,817	0,439
Schwarzpappel	0,780	0,366
Espe	0,765	0,430
Ital. Pappel	0,763	0,393
Saalweide	0,716	0,529

Winkler stellte Versuche an mit Hölzern, welche sich in einem mehr als lufttrocknen Zustande befanden. Dieselben waren schon vor Jahren geschlagen und hatten fast 6 Monate hindurch in einem beständig und sehr stark geheizten Zimmer gelegen. Dadurch war ihr Wassergehalt auf durchschnittlich 9 Proc. herabgesunken. Sie konnten also als halb gedarrte Hölzer betrachtet werden. Genau auf einen und denselben Trockenheitsgrad wurden sie absichtlich nicht gebracht, weil es sehr schwer gewesen seyn würde, eine solche Gleichförmigkeit herzustellen, ohne die Hölzer förmlich zu darren, was nicht geschehen durfte, wenn nicht die Möglichkeit einer theilweisen Zersetzung eintreten sollte. Aus jedem der untersuchten Hölzer wurde ein Würfel geschnitten, welcher genau 1 Cub.-Zoll Leipziger Maaß enthielt; dieser wurde gewogen und daraus das Gewicht eines Leipziger Cub.-Fußes (zu 1728 Cub.-Zoll L.) berechnet. Die Resultate waren folgende:

	1 Cub.-Fuß L. wog	
	Pfund L.	Loth L.
Eiche	38	28
Esche	36	23
Ulme	34	30
Ahorn	34	28
Birke	34	13
Buche	32	25
Weide	26	30
Pappel	26	18
Tanne	25	31
Kiefer	24	24
Fichte	23	5
Linde	18	27

Außer den genannten Beobachtern haben noch Muschenbroek, Wernek, Marcus Bull und einige Andere hierher gehörige Versuche angestellt.

Relativer Werth des Holzes.

Marcus Bull verfuhr hierbei mit großer Sorgfalt; da sich seine Versuche aber nur auf Amerikanische Holzarten beziehen, sind dieselben für uns von keinem Werthe.

Die folgende Tabelle enthält, zur leichteren Uebersicht der eben angeführten Resultate verschiedener Beobachter, eine Zusammenstellung der wichtigsten derselben. Die darin angeführten 22 Holzarten sind nach der Größe ihres specifischen Gewichtes im lufttrocknen Zustande (wie dasselbe von Schübler und Neuffer gefunden wurde) geordnet. Aus einigen der von Barlow und Anderen in Gränzenwerthen gemachten Angaben (siehe Tab. XIII.) ist das Mittel genommen, und aus Winkler'schen Bestimmungen des absoluten Gewichtes von 1 Cub.-Fuß verschiedener Hölzer sind die entsprechenden specifischen Gewichte berechnet worden. Die specifischen Gewichte der frischgefällten Hölzer findet man nicht angeführt, weil dieselben doch kein richtiges Anhalten in Bezug auf den specifischen Wärme-Effekt derselben zu geben vermögen. Die Rubriken I. bis IV. enthalten die specifischen Gewichte der lufttrocknen, also etwa 18 bis 20 Proc. hygroskopische Feuchtigkeit bei sich führenden Holzarten, die Rubrik I. nach der Bestimmung von Schübler und Neuffer, die Rubrik II. nach der von Karmarsch, die Rubrik III. nach den aus Gehler's physikalischem Wörterbuch entnommenen Angaben, die Rubrik IV. nach Barlow; in der Rubrik V. befinden sich die Resultate von Winkler's Versuchen, welche sich auf halb gedarrtes, etwa 9 Proc. hygroskopische Feuchtigkeit enthaltendes Holz beziehen.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Weißbuche	0,770	0,728	0,852	—	—
Steineiche	0,708	—	—	0,842	0,644
Stieleiche......	0,678	0,650	—	—	—
Ahorn.........	0,659	0,645	0,750	—	0,578
Esche	0,644	0,670	0,845	0,635	0,614
Vogelbeere	0,644	—	—	—	—
Birke	0,627	0,738	—	—	0,570
Mehlbeere	0,591	—	—	—	—
Rothbuche	0,591	0,750	—	0,715	0,542
Roßkastanie	0,575	0,551	—	—	—
Edeltanne	0,555	0,481	0,524	0,625	0,430
Kiefer	0,550	0,763	—	—	0,421
Ulme	0,547	0,568	0,671	—	0,579
Saalweide	0,529	—	—	—	—
Erle.........	0,500	0,538	0,670	—	—

	I.	II.	III.	IV.	V.
Baumweide	0,487	—	—	—	0,446
Lärche	0,474	0,565	—	—	—
Fichte	0,472	—	—	—	0,384
Linde.	0,439	0,559	0,604	—	0,348
Zitterpappel	0,430	—	—	—	—
Ital. Pappel . . .	0,393	—	—	—	—
Schwarzpappel . . .	0,366	0,387	0,383	—	0,440

Vergleicht man die betreffenden Zahlen der vier ersten Rubriken mit einander, so stößt man bei einigen derselben auf nicht unbedeutende Differenzen. Welche von diesen nicht mit einander harmonirenden Resultaten am meisten Wahrscheinlichkeit für sich haben, kann wohl nur durch wiederholte Versuche entschieden werden; inzwischen läßt sich eine ungefähre Controle anstellen, wenn man die Zahlen der vier ersten Rubriken mit denen der fünften, welche die specifischen Gewichte der halb gedarrten Hölzer nach Winkler enthält, in eine gewisse Beziehung bringt. Da nämlich der absolute Wärme-Effekt des lufttrocknen Holzes (mit 18 bis 20 Proc. Feuchtigkeit) ungefähr = 0,40 und der eines halb gedarrten, 9 bis 10 Proc. Feuchtigkeit enthaltenden Holzes etwa = 0,45 gesetzt werden kann, so müssen, wenn die Resultate der ersten vier Rubriken mit 0,40 und die der fünften mit 0,45 multiplicirt werden, Produkte entstehen, welche annähernd gleich groß sind. Vollkommen gleich müßten dieselben seyn, wenn das Holz, indem es seinen Feuchtigkeitsgehalt von 18 bis 20 Proc. bis auf die Hälfte vermindert, an Volumen nicht abnähme. Da aber letzteres, wiewohl gewiß nur in geringem Grade, der Fall ist, so müssen die Produkte der ersten Art begreiflicher Weise um ein Geringes kleiner ausfallen als die der letzten. Führt man diese Probe aus, so findet man, daß die Angaben von Schübler und Neuffer in der Mehrzahl der Fälle in Harmonie mit denen von Winkler stehen, daß aber in einigen Fällen die Resultate von Karmarsch den Vorzug verdienen. In der folgenden Tabelle sind diejenigen Werthe zusammengestellt, welche sich, soweit die kleine Zahl der betreffenden Versuche darüber Aufschluß giebt, als die der Wahrheit am nächsten kommenden herausstellen dürften. Die zuverlässigsten derselben sind mit einem Sternchen bezeichnet.

Tab. XIII.

Weißbuche	0,770*
Steineiche	0,708*
Stieleiche	0,678*

Esche . . . . 0,670 *
Ahorn . . . . 0,645 *
Vogelbeere 0,644
Birke . . . . 0,627 *
Mehlbeere 0,591
Rothbuche . . . . 0,591 *
Roßkastanie . . . . 0,575 *
Ulme . . . . 0,568 *
Kiefer 0,550
Erle . . . . 0,538 *
Saalweide 0,529
Edeltanne . . . . 0,481 *
Baumweide 0,487
Lärche 0,474
Fichte 0,472
Linde 0,439
Zitterpappel 0,430
Ital. Pappel 0,393
Schwarzpappel . . . . 0,387 *

Diese Zahlen, welche zunächst die specifischen Gewichte der genannten Holzarten im lufttrocknen Zustande ausdrücken, geben also zugleich das Verhältniß an, in welchem die specifischen Wärme-Effekte derselben zu einander stehen, und in welchem, unter gewissen Voraussetzungen, die Preise derselben zu einander stehen sollten.

Pyrometr. ..E. des Holzes.

Da das lufttrockne Holz im Allgemeinen aus 20 Proc. hygroskopischem Wasser, 40 Proc. chemisch gebundenem Wasser und 40 Proc. Kohle incl. 1 Proc. Aschentheile besteht, so kann dasselbe also, bei Vernachlässigung der geringen Aschenmenge, aus 0,4 Gwthl. Kohle und 0,6 Gwthl. Wasser bestehend betrachtet werden. Es fragt sich nun, welcher Hitzgrad durch die Verbrennung eines so beschaffenen Körpers in atmosphärischer Luft hervorgebracht wird. Soviel läßt sich a priori einsehen, daß dieser Hitzgrad ein bedeutend geringerer seyn muß als der, welcher durch Verbrennung der reinen Kohle in atmosphärischer Luft entsteht, indem die sehr beträchtliche, im lufttrocknen Holze vorhandene Wassermenge auf keine Weise zur Erhöhung der Verbrennungs-Temperatur, sondern nur zur Herabziehung derselben beitragen kann. Wir wissen bereits, daß der Kohlenstoff bei seiner Verbrennung in atmosphärischer Luft eine Wärme von 2458° C. entwickelt (siehe Tab. V.), oder vielmehr, daß die hierbei gebildete Kohlensäure, zusammen mit dem durch die Verbrennung aus der atmosphärischen Luft abgeschiedenen Stickstoff, einen solchen Wärmegrad besitzen. Diese so stark erhitzten Gasarten werden sich

bei der Verbrennung des lufttrocknen Holzes noch mit einer beträchtlichen Quantität Wasserdampf mengen, dessen Temperatur, der leichteren Berechnung wegen und ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, gleich 0° gesetzt werden kann. 1 Gwthl. lufttrocknes Holz, welches 0,4 Gwthl. Kohlenstoff enthält, bildet bei der Verbrennung $0,4 \cdot 3^2/_3 = 1,47$ Gwthln. Kohlensäure, wobei $0,4 \cdot 2^2/_3 \cdot 3,33 = 3,55$ Gwthle. Stickstoff aus der atmosphärischen Luft abgeschieden werden. Die gesammte Quantität der erhitzten Gasarten, Kohlensäure und Stickstoff zusammen genommen, beträgt also $1,47 + 3,55 = 5,02$ Gwthle., und es kommt nun darauf an zu berechnen, welche mittlere Temperatur entsteht, wenn sich 5,02 Gwthle. Gas von 2458° C. mit 0,6 Gwthl. Wasserdampf von 0° mengen. Da die specifische Wärme der Kohlensäure $= 0,221$ und die des Stickstoffs $= 0,275$, so ist die mittlere specifische Wärme eines aus 1,47 Gwthln. Kohlensäure und 3,55 Gwthln. Stickstoff bestehenden Gasgemenges gleich:

$$\frac{1,47 \cdot 0,221 + 3,55 \cdot 0,275}{1,47 \cdot 3,55} = 0,259$$

Die specifische Wärme des Wasserdampfes ist $= 0,847$. Die gesuchte mittlere Temperatur wird durch folgenden Ausdruck dargestellt:

$$\frac{5,02 \cdot 2458^0 \cdot 0,259 + 0,6 \cdot 0^0 \cdot 0,847}{5,02 \cdot 0,259 + 0,6 \cdot 0,847}$$

woraus sich ein Werth von 1770° C. ergiebt, welches also der Hitzgrad ist, der durch die Verbrennung des lufttrocknen Holzes in atmosphärischer Luft erzeugt werden kann. Hierbei wurde diejenige Wärmemenge nicht berücksichtigt, welche durch den Uebergang des Wassers aus seinem tropfbarflüssigen und chemisch gebundenen Zustande in den dampfförmigen absorbirt wird; auch wurde nicht in Betracht gezogen, daß, bei der Verbrennung des lufttrocknen Holzes, nicht aller Wasserdampf bis zu jenem Temperatur-Maximum erwärmt wird, sondern ein Theil desselben (besonders das hygroskopische Wasser) gewiß nur einen weit geringeren Hitzgrad erreicht, indem er schon ausgetrieben ist, ehe noch die Flamme den betreffenden Theil erreicht hat. Durch Nichtbeachtung des ersten dieser beiden Umstände fiel die berechnete Temperatur zu groß aus, durch Nichtbeachtung des letzteren wurde sie zu klein. Obgleich es nun keinesweges gesagt ist, daß beide Fehler sich einander genau compensiren, so müssen die betreffenden Correktionen gleichwohl vernachlässigt werden, weil der zweite jener Umstände sich keiner genauen Berechnung unterwerfen läßt. — Ein anderer Weg, welcher zur Ermittelung der gedachten Verbrennungs-Temperatur eingeschlagen werden kann, ist folgender. Nach Tab. II. ist der absolute Wärme-Effekt von lufttrocknem Holze $= 2700^0$ C., d. h. diese Temperatur würde 1 Gwthl. Wasser besitzen, welcher alle bei der Verbrennung von 1 Gwthl. solchen

Holzes entwickelte Wärme in sich aufgenommen hätte. Bei dieser Verbrennung entstehen aber, wie bereits gezeigt wurde, 1,47 Gwthle. Kohlensäure, 3,55 Gwthle. Stickstoff und 0,6 Gwthl. Wasserdampf, im Ganzen also 5,62 Gwthle. eines Gasgemisches, dessen specifische Wärme gleich

$$\frac{1,47 \; . \; 0,221 + 3,55 \; . \; 0,275 + 0,6 \; . \; 847}{5,62} = 0,322$$

gesetzt werden kann. Da nun die specifische Wärme des Wassers $= 1$ ist, so ergiebt sich die Temperatur des betreffenden Gasgemisches, wenn jene 2700° C. auf dasselbe übertragen werden, gleich $\frac{2700}{5,62} \cdot \frac{1}{0,322} = 1500°$ C. Daß diese Temperatur kleiner ausfällt als die zuerst berechnete, liegt darin, daß der durch den Versuch bestimmte absolute Wärme-Effekt des lufttrocknen Holzes im Vergleich zu dem der Kohle nur $= 0,35$ (s. Tab. III.) ist, während derselbe, der Theorie nach (da das lufttrockne Holz 40 Proc. Kohlenstoff enthält), annähernd $= 0,40$ seyn sollte. Mit Wahrscheinlichkeit ist es aber anzunehmen, daß der zuerst berechnete Werth, 1770° C., der Wahrheit weit näher komme als der zuletzt berechnete, 1500° C.; unter Berücksichtigung des Aschengehaltes dürfte es daher am richtigsten seyn, den pyrometrischen Wärme-Effekt des lufttrocknen Holzes in runder Zahl $= 1750°$ C. zu setzen.

Auf ganz analogem Wege findet man, daß der pyrometrische Wärme-Effekt des halb gedarrten Holzes (mit etwa 10 Proc. Feuchtigkeit) in runder Zahl $= 1850°$ C., und daß der des gedarrten (keine hygroskopische Feuchtigkeit enthaltenden) Holzes $= 1950°$ C. gesetzt werden kann. — Es versteht sich von selbst, daß alle diese Hitzgrade als Temperatur-Maxima zu betrachten sind, indem dieselben nur unter den günstigsten Umständen erreicht werden können. Vor Allem wird hierbei die vollständige Verbrennung des Holzes bedingt, eine Verbrennung also, deren Produkte nur Kohlensäure und Wasser sind.

B. Vorbereitung des Holzes

zur Anwendung als Brennmaterial.

Da sowohl der pyrometrische Wärme-Effekt, als auch die Brennbarkeit und Flammbarkeit des Holzes durch den Feuchtigkeits-Gehalt desselben sehr beeinträchtigt werden, so stellt es sich als Nothwendigkeit heraus, das Brennholz, vor seiner Anwendung bei den metallurgischen Processen, so viel als möglich auszutrocknen; bis zu einem Grade wenigstens, welcher sich durch

Anwendung einfacher und billiger Vorkehrungen erreichen läßt. Am dringendsten wird dies da erfordert, wo man, wie es bei mehreren Schmelz-Processen der Fall ist, durch die Verbrennung des Holzes einen hohen, zwischen 1700° C. und 2100° C. liegenden Hitzgrad erzeugen muß. Soll dagegen die Flamme des Holzes nur bei metallurgischen Processen auf dem nassen Wege, also zum Erwärmen oder Eindampfen von Flüssigkeiten, benutzt werden, oder will man dieselbe bei Röst-Processen anwenden, die selten eine viel über 1000° C. gehende Temperatur erfordern, so ist ein hoher Trockenheitsgrad des Holzes keine so nothwendige Bedingung, obgleich es auch in diesen Fällen Vortheile gewährt, wenigstens lufttrocknes Holz anzuwenden. Je mehr hygroskopische Feuchtigkeit das Holz nämlich enthält und je mehr seine Brennbarkeit und Flammbarkeit dadurch deprimirt werden, desto geneigter ist dasselbe mit rußender Flamme, also **unvollständig** zu verbrennen. Hierdurch entsteht nicht allein ein Verlust an Brennstoff, sondern die Bildung des Rußes führt auch noch andere Nachtheile mit sich. Bei Röstprocessen, deren Zweck eine Oxydation ist, verzögert sie die letztere bedeutend, und in Feuerungs-Vorrichtungen, die zum Erwärmen von Apparaten dienen, in denen sich Flüssigkeiten befinden, setzt sich leicht so viel Ruß ab, daß dadurch der Zug gehemmt und die Erwärmung der Apparate erschwert wird.

Trocknen des Holzes an der Luft.

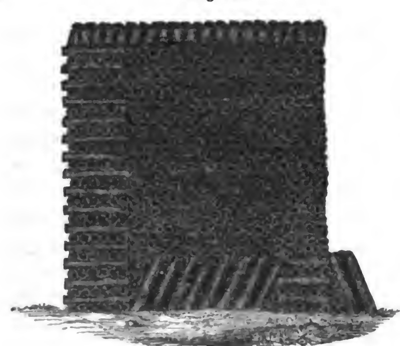
Die einfachste Art frischgefälltes, zu Kloben*) gespaltenes Holz **lufttrocken** zu machen, besteht darin, dasselbe regelmäßig in Haufen aufzuschichten, deren Höhe gewöhnlich $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Klafter beträgt, deren Breite sich nach der Länge der Kloben richtet und deren Länge beliebig ist. Befindet sich ein solcher Haufen an einem trocknen, luftigen und der Sonne ausgesetzten Orte, so pflegt das Holz, nach lokalen Umständen, innerhalb eines oder zweier Jahre ziemlich lufttrocken zu werden, vorausgesetzt, daß die Kloben keine zu beträchtliche Dicke besaßen. Belegt man den oberen Theil des Haufens mit einem losen Holzdache, von Schwarten oder dergleichen, so daß Regengüsse abgehalten werden, in das Innere desselben zu dringen, so erreicht man seinen Zweck um so schneller. Völlig lufttrocken wird jedoch das Holz auf diese Weise nur sehr schwierig, weil das den Kern der Kloben umgebende Schwartholz nebst der Rinde dem Verdunsten der Feuchtigkeit ein großes Hinderniß in den Weg legen. Man pflegt daher, wenn man gespaltenes Holz (Scheite) gebraucht, die Kloben nur so lange auf jene Art zu trocknen, bis sie einen Grad der Trockenheit erreicht haben,

*) Unter **Kloben** versteht man die zu Stücken von etwa $1^1/_2$ bis 2 Ellen Länge zerhauenen oder zersägten Baumstämme. **Scheite** sind die der Länge nach gespaltenen Kloben. Halbscheite, Viertelscheite u. s. w. heißen dieselben, je nachdem ein Kloben in zwei, vier oder mehrere Scheite zerspalten worden ist.

bei dem sie sich mit erforderlicher Leichtigkeit spalten lassen. Die Scheite werden alsdann zu ähnlichen Haufen aufgeschichtet, wie zuvor die Kloben.

Eigenthümliche Art d.r Holzaufschichtung.

Fig. 46.



In Steyermark, besonders auf dem Hüttenwerke Neuberg, wendet man eine Aufschichtungsart des Scheitholzes an, welche Nachahmung verdient, da sie, in Bezug auf schnelles und vollkommnes Austrocknen, sehr gute Resultate giebt. Dieselbe ist in der Fig. 46 dargestellt, in welcher man den einen Endtheil eines $2^1/_2$ Klafter hohen Haufens erblickt.

Die theilweise undichte Aufschichtung des Holzes am Fuße des Haufens befördert das Eindringen der warmen Luft in das Innere desselben; die obere dachförmige Scheitschicht hält den Regen ab und durch den Eckpfeiler von kreuzweis über einander gelegten Scheiten gewinnt der Haufen an Festigkeit. Man nennt diese Aufschichtungsart an dem erwähnten Orte das Aufklaftert mit »Kopf (oder Dach) und Fuß.« Noch ist zu bemerken, daß die schräg stehenden Fußscheite, deren Abtheilungen durch niedrige Pfeiler von kreuzweis über einander gelegten Scheiten getrennt sind, mit der Richtung ihrer Schräge abwechseln müssen. Denkt man sich nämlich die Verlängerung des Haufens, so muß die zunächstkommende Abtheilung der Fußscheite eine Schräge haben, welche in ihrer Richtung der der ersten Abtheilung entgegengesetzt ist. Ohne diese Abwechslung würde der Haufen eine Tendenz zum Umstürzen oder doch Schiefwerden besitzen.

Ist man genöthigt, die Darstellung des lufttrocknen Holzes so viel als möglich von der Witterung unabhängig zu machen, so müssen die Holzscheite unter leichten, nur auf einzelnen Pfeilern ruhenden Bedachungen, sogenannten Holzschoppen, aufgeschichtet werden. Da hierdurch aber die unmittelbare Wirkung der Sonnenstrahlen mehr oder weniger abgehalten wird, so ist es bei den Schoppen eine noch mehr unerläßliche Bedingung als bei den Haufen, daß dieselben an Orten errichtet werden, welche dem Luftzuge hinreichend ausgesetzt sind.

Darstell. des halbg.darrten Holzes.

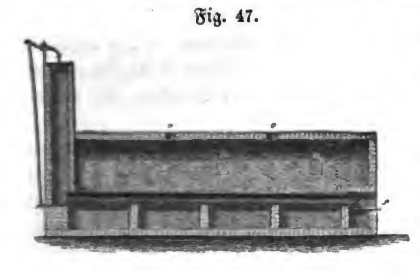
Das halbgedarrte Holz verschafft man sich auf einigen Hüttenwerken sehr einfach dadurch, daß man die lufttrocknen Holzscheite in der Nähe der

Oefen oder an anderen stark erwärmten Orten innerhalb der Hüttengebäude aufschichtet. Auch pflegt man, wenn die Beschaffenheit der Oefen es zuläßt, in einiger Entfernung über denselben eiserne Hängewerke anzubringen, auf welche die Scheite zum Trocknen gelegt werden. Bei dieser letzteren allerdings sehr wirksamen Methode, ist man jedoch, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln angewendet werden, noch mehr der Feuersgefahr ausgesetzt als bei der ersten.

Darstellung des gedarrten Holzes.

Zur Darstellung des völlig gedarrten Holzes werden eigene Vorrichtungen, sogenannte Darr-Oefen oder Darr-Kammern, erfordert, welche von verschiedener Einrichtung seyn können. In der Regel pflegen es große von Mauerwerk umgebene Räume zu seyn, in denen das aufgeschichtete Holz auf die eine oder andere Art künstlich erwärmt wird. Die Temperatur darf hierbei nicht viel über 100° C. steigen, wenn keine Zersetzung der Holzsubstanz eintreten soll, und man nicht Gefahr laufen will, daß sich das Holz entzündet. Ein Beispiel von der Einrichtung einer solchen Darr-Kammer giebt Fig. 47.

Fig. 47.



Diese im Längen-Durchschnitte dargestellte Darr-Kammer ist 12 bis 15 Fuß lang, 10 Fuß hoch und 9 Fuß breit. Durch die ganze Länge derselben läuft eine 16 Zoll im Lichten haltende eiserne Röhre, welche an der einen Seite in den Feuerungsraum *s* und an der entgegengesetzten in eine Esse mündet, deren Zug durch eine oben angebrachte Klappe regulirt werden kann. Einige gemauerte Pfeiler dienen der Röhre zur Unterlage. Das theils durch eine Thüröffnung, theils durch die Fensteröffnungen *n*, *n*, .. hereingeschaffte Scheitholz wird in der Darr-Kammer aufgeschichtet, jedoch so, daß das der Röhre zunächst gelegene etwa 1 Fuß von derselben absteht. Wollte man es näher rücken, würde es dem Verbrennen ausgesetzt seyn. Ist der ganze innere Raum auf diese Weise gefüllt, so werden Thür- und Fensteröffnungen zugemauert und man beginnt mit der Feuerung im Schürraume *s*. Natürlicher Weise kann hierzu sehr schlechtes Brennmaterial benutzt werden. Die aus den Oeffnungen *o*, *o* aufsteigenden Dämpfe geben dem Arbeiter ein Mittel an die Hand, den Gang des Processes zu beurtheilen. Auf dem Hüttenwerke Neuberg in Steyermark, wo diese Darröfen durch Herrn Bergrath Hampe eingerichtet wurden, pflegt eine Darrung innerhalb zweier Tage beendet zu seyn. Man machte hier auch Versuche

mit Oefen, in denen sich zwei eiserne Röhren, jede von 8 Zoll im Durchmesser, befanden, allein mit weniger gutem Erfolge.

III. Vom Torfe.

A. Eigenschaften des Torfes.

Der Torf ist ein Produkt der nassen Vermoderung von Sumpfpflanzen, zum Theil auch von anderen, auf feuchtem Boden gedeihenden Gewächsen. Seine Eigenschaften, welche ihn im Allgemeinen zu einem weit weniger vorzüglichen Brennmaterial machen als das Holz, sind besonders abhängig: 1) von dem Alter seiner Entstehung, 2) von der Art der ihn bildenden Pflanzenreste, 3) von den Einflüssen, welche lokale Verhältnisse, sowohl während als nach seiner Entstehung, auf ihn ausübten. — Die verschiedenen Torfarten können hauptsächlich auf dreierlei Weise in Klassen gebracht werden, nämlich 1) nach ihrem Alter, 2) nach ihrer Struktur, und 3) nach ihrer Gewinnung.

Arten des Torfes.

In Bezug auf sein Alter und seine im Allgemeinen damit im Zusammenhange stehende Farbe pflegt man den Torf in **schwarzen**, **braunen** und **gelben Torf** einzutheilen. Der älteste Torf besitzt, wegen des weit vorgeschrittenen Vermoderungs-Processes, stets eine sehr dunkle, theils bräunlich-schwarze, theils fast rein schwarze Farbe, während der jüngste Torf mitunter kaum dunkler gefärbt ist, als stark gedarrtes Holz.

In Bezug auf seine verschiedene Struktur werden dem Torfe zahlreiche Benennungen beigelegt, wie z. B. **Pech-Torf**, **Moor-** oder **Erd-Torf**, **Papier-** oder **Blätter-Torf**, **Wurzel-Torf**, **Rasen-Torf** u. s. w. Der Pech-Torf bildet beinahe eine homogene Masse, welche sich auf ihrem Bruche mehr oder weniger dicht und wachsglänzend zeigt. Der Moor- oder Erd-Torf hat im getrockneten Zustande einen erdigen Bruch, welcher nur undeutliche Spuren von Pflanzenresten erkennen läßt. Zum Theil rührt diese erdartige Beschaffenheit von einem beträchtlichen Antheile eingemengter unorganischer Stoffe her, zum Theil ist sie aber auch eine Folge der vollkommnen Vermoderung. Der Papier- oder Blätter-Torf hat Schiefer-Struktur. Im Wurzel-Torfe bildet ein Gewebe von vermoderten aber noch erkennbaren Wurzeln und Stengeln den größten Theil der Masse desselben. Der Rasen-Torf ist der leichteste und undichteste aller Torfarten. Gewöhnlich hat er eine fein- oder grob-faserige Struktur und lichte Farbe. Bei mächtigeren Torflagern pflegt er die oberste Schicht zu bilden.

Hinsichtlich seiner Gewinnung aus den Torf-Mooren theilt man den Torf in **Stech-Torf**, **Streich-Torf** und **Bagger-Torf**, wozu noch, in Bezug auf weitere Bearbeitung, der **Preß-Torf** kommt. Stech-

Torf heißt aller Torf, welcher, durch die einfache Arbeit des Torfstechens, unmittelbar aus den Mooren in mauerziegelförmigen Stücken ausgestochen wird. Streich-Torf und Bagger-Torf werden aus breiförmiger Moormasse, welche die Anwendung des Stech-Spatens nicht zuläßt, gleich Mauerziegeln geformt oder, wie der praktische Ausdruck lautet, »gestrichen«. Ist die Moormasse ursprünglich auch hierzu noch zu dünnflüssig, so wird ein Theil ihres Wassers durch sehr einfache Vorrichtungen abgeseiht. Diese Operation nennt man das Baggern, und den so gewonnenen Torf Bagger-Torf. Um dem Torfe, besonders dem jüngeren leichten, eine größere Dichtigkeit zu geben, wird er an einigen Orten, unter eigends dazu construirten Torf-Pressen, stark zusammen gedrückt und dann Preß-Torf genannt.

Arten des Torfes.

Schon aus der Bildungsweise des Torfes geht es hervor, daß die Zusammensetzung desselben, was die Qualität der Bestandtheile anbetrifft, eine ähnliche seyn muß wie die des Holzes. Durch die relative Menge dieser Bestandtheile weichen beide Brennstoffe aber bedeutend von einander ab. Auch den Torf kann man, ganz analog mit dem Holze (s. Bestandtheile des Holzes), als aus fester Torfmasse und Wasser bestehend betrachten. Beim Erhitzen des Torfes bis etwas über den Kochpunkt des Wassers entweicht das letztere und läßt erstere frei von aller hygroskopischen Feuchtigkeit zurück.

Bestandtheile des Torfes.

Die feste Torfmasse begreift sowohl die organischen als die unorganischen Bestandtheile des Torfes in sich. — Die organischen Bestandtheile bestehen, wie beim Holze, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, wozu jedoch, zufolge neuerer Versuche des Fürsten Salm-Horstmar, von Regnault und Anderen, eine kleine, selten über ein paar Procent betragende Menge Stickstoff kommt. Ob diese in allen Torfarten enthalten sey, ist nicht ausgemacht; jedenfalls ist sie aber so gering, daß sie, bei Betrachtung der Eigenschaften des Torfes als Brennmaterial, außer Acht gelassen werden kann. Das Gewichts-Verhältniß, in welchem die genannten drei Hauptbestandtheile zu einander stehen, wurde besonders durch Mulder's und Regnault's Analysen ermittelt, deren Resultate hier folgen.

Organischer Theil der festen Torfmasse.

Nach Mulder ist die Zusammensetzung der organischen festen Torfmasse des Torfes von

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Friesland	59,42	5,87	34,71
ebendaher	60,41	5,57	34,02
Holland	59,27	5,41	35,32

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Vulcaire	60,40	5,86	33,64
Long	60,89	6,21	32,90
Champ du feu	61,05	6,45	32,50

Nach Regnault die des Torfes von

Vulcaire	61,34	6,12	32,53
Long	61,86	6,40	31,74
Champ du feu	61,05	6,45	32,50

Als Mittel aus diesen 9 Analysen ergiebt sich ein Durchschnittsgehalt von 60,63 Proc. Kohlenstoff, 6,04 Proc. Wasserstoff und 33,32 Proc. Sauerstoff. Nimmt man an, wozu man wohl in gleichem Grade wie beim Holze berechtigt seyn dürfte, daß aller Sauerstoff mit einer entsprechenden Menge Wasserstoff (oder, was das Wahrscheinlichste ist, zugleich auch mit Kohlenstoff) verbunden ist, so bleiben etwa 2 Proc. Wasserstoff als nicht an Sauerstoff gebunden übrig, indem 33,32 Gwthle. Sauerstoff zur Wasserbildung 4,16 Gwthle. Wasserstoff erfordern. Die organische feste Masse des Torfes kann folglich nicht, wie es bei der analogen Masse des Holzes der Fall war, als eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser betrachtet werden, sondern dieselbe muß angesehen werden als eine Verbindung von annähernd

60 Proc. Kohlenstoff
2 » Wasserstoff
38 » Wasser,

während die Zusammensetzung der analogen Holzmasse (des gedarrten Holzes), wie früher gezeigt wurde, angenommen werden kann zu

50 Proc. Kohlenstoff
50 » Wasser.

Beide Massen unterscheiden sich also dadurch sehr wesentlich von einander, daß in der ersteren 12 Proc. Wasser weniger enthalten und dafür 2 Proc. Wasserstoff und 10 Proc. Kohlenstoff hinzugekommen sind. — Die unorganischen Bestandtheile der festen Torfmasse bestehen besonders aus Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Eisenoxyd, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Die Phosphorsäure, welche in ungleich größerer Menge im Torfe angetroffen wird als im Holze, findet sich darin stets an Kalkerde gebunden. Beim Verbrennen des Torfes bleiben diese Bestandtheile als Asche zurück. Einhof erhielt bei der Zerlegung von 100 Gwthln. Torfasche: 41,0 Kieselerde, 20,5 Thonerde, 15,25 Kalkerde, 15,0 phosphorsaure Kalkerde, 5,5 Eisenoxyd, 1,5 Kochsalz und Gyps. Der Gehalt der Torfasche an phosphorsaurem Kalke ist zuweilen noch größer. Nach Schübler enthielt die Asche eines Torfes von Schwenningen davon

Unorganischer Theil der festen Torfmasse.

Unorganischer Theil der festen Torfmasse.

34 Procent. Einige Torfsorten führen auch Schwefelkies bei sich, zuweilen in beträchtlicher Quantität. Die Aschenmenge des Torfes ist weit größeren Schwankungen unterworfen, als die des Holzes, fast stets aber pflegt die erstere einen viel bedeutenderen Procent-Gehalt auszumachen als die letztere. Beides ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung. Zu welchen Arten der untersuchte Torf gehörte, ist dabei nicht angegeben, weil der Aschengehalt hiermit im Allgemeinen in durchaus keinem Zusammenhange steht und bei einer und derselben Torfsorte ein sehr verschiedener seyn kann.

	Aschenmenge in Proc.
4 Sorten, nach Karmarsch . . .	1 — 10
1 Sorte, nach Suersen	2,2
2 Sorten, nach Schübler	2,3 — 7,2
3 » , nach Mulder	4,61 — 5,58
3 » , nach Achard	9,3 — 11,2
2 » , nach Einhof	14,3 — 14,4
4 » , nach Buchholz	21,5 — 30,5
41 » , nach Winkler	1 — 24

Die Grenzen, zwischen welchen die Aschenmengen dieser 60 verschiedenen Torfsorten liegen, sind 1 Proc. und 30,5 Proc.

Hygroskopischer Wassergehalt des Torfes.

Der **Wassergehalt** des Torfes, d. h. die relative Menge des Wassers, welches aus dem Torfe entweicht, wenn derselbe bis zu einer Temperatur zwischen 100° und 120° C. erhitzt wird, ist ebenfalls großen Schwankungen unterworfen. Nach **Karsten** kann frisch gestochener oder geformter Torf durch Austrocknen an der Luft bis zu 45 Proc. und darüber von seinem ursprünglichen Gewichte einbüßen. Aber auch der Wassergehalt des lufttrocknen Torfes ist keinesweges constant, sondern schwankt, nach **Karsten**, zwischen 25 und 50 Proc., ja zuweilen zwischen noch entfernter liegenden Grenzen. Dies dürfte aber wohl zum Theil darin liegen, daß nicht aller Torf, welcher für lufttrocken ausgegeben wird, sich vollkommen in diesem Zustande befindet. Größer als der Wassergehalt des lufttrocknen Holzes (20 Proc.) ist jedoch der des lufttrocknen Torfes in den meisten Fällen, was in der großen Porosität vieler Torfsorten begründet ist.

Einf. Bild für d. Zusammens. des lufttrocknen Torfes.

Ein allgemeines Bild für die Zusammensetzung des Torfes zu entwerfen ist, zufolge dieser großen Abweichungen in der Menge der Aschentheile und der des Wassers, nicht möglich. Nur läßt es sich annehmen, daß der **beste lufttrockne Torf** besteht aus:

25 Proc. hygroskopischem Wasser
75 „ fester Torfmasse, incl. 1 — 2 Proc. Aschentheile,

oder auch, da 100 Gwthle. fester Torfmasse 60 Kohlenstoff, 2 Wasserstoff und 38 chemisch gebundenes Wasser enthalten, aus

25 } 53,5 Proc. hygroskop. und chem. geb. Wasser
28,5 }
1,5 » Wasserstoff
45,0 » Kohlenstoff,

Dasselbe für den gedarrten Torf.

wobei der geringe Aschengehalt vernachlässigt ist. Die Zusammensetzung eines solchen Torfes im gedarrten Zustande (zwischen 100° und 120° C. getrocknet) kommt alsdann der der organischen festen Torfmasse nahe, nämlich

38 Proc. Wasser
2 » Wasserstoff
60 » Kohlenstoff.

Die Brennbarkeit eines vollkommen lufttrocknen, alten und wenig Asche haltenden Torfes kann größer seyn als die des Holzes; in der Regel aber brennt der Torf, wegen seines großen Wassergehaltes und der beträchtlichen Menge beigemengter unorganischer Substanzen, weit schwieriger als dieses. Durch die lockere Beschaffenheit gewisser Torfsorten wird die Brennbarkeit derselben vermehrt.

Flammbarkeit des Torfes.

Die Flammbarkeit des Torfes kann zuweilen die des Holzes erreichen, ja übertreffen; aus denselben Ursachen aber, welche die Brennbarkeit desselben beeinträchtigen, bleibt sie gewöhnlich gegen diese zurück. Manche Torfsorten geben nur dann Flamme, wenn sie auf einem Roste oder in größerer Quantität in locker aufgeschichteten Haufen verbrannt werden, während dieselben, ohne besondere Zugvorrichtungen und in einzelnen Stücken angezündet, nur glimmen.

Absoluter W.-E. des Torfes.

Der absolute Wärme-Effekt des besten lufttrocknen Torfes von der angenommenen Zusammensetzung

45,0 Proc. Kohlenstoff
1,5 » Wasserstoff
53,5 » Wasser

läßt sich auf folgende Weise leicht einer Schätzung unterwerfen. Da 1 Gwthl. Wasserstoff einen gleichen absoluten Wärme-Effekt besitzt wie 3 Gwthle. Kohlenstoff, so sind 1,5 Gwthle. Wasserstoff in dieser Hinsicht 4,5 Gwthln. Kohlenstoff gleich zu setzen. Werden diese 4,5 Proc. Kohlenstoff zu den im lufttrocknen Torfe wirklich vorhandenen 45,0 Proc. Kohlenstoff hinzugelegt, so giebt dies einen imaginairen Gehalt von 49,5 Proc. Kohlenstoff, welches einem absoluten Wärme-Effekte von nahe 0,50 im Vergleich zu dem des Kohlenstoffs entspricht. Dieser Effekt ist gleich dem des gedarrten Holzes, der früher zu 0,50 berechnet wurde.

Im günstigsten Falle also, aber gewiß äußerst selten, da beinahe aschenfreie Torfsorten nur an sehr wenigen Stellen gefunden werden, kann der absolute Wärme-Effekt des lufttrocknen Torfes den des gedarrten Holzes erreichen. Gewöhnlicher, nicht vollkommen lufttrockner Torf, von 10 Proc. Aschengehalt und 30 Proc. Wassergehalt, hat etwa den absoluten Wärme-Effekt des lufttrocknen Holzes. — Gedarrter Torf, welcher, im Fall derselbe nur wenig Asche enthält, auf gleiche Weise als 66 Proc. Kohlenstoff enthaltend betrachtet werden kann, hat einen absoluten Wärme-Effekt von 0,66. Gedarrter Torf von größter Reinheit übertrifft daher in seinem absoluten Wärme-Effekte den des gedarrten Holzes nicht unbedeutend. Ein gewöhnlicher lufttrockner Torf, von 30 Proc. Wasser- und 10 Proc. Aschengehalt, wird durch das Darren einen Aschengehalt von etwa 15 Proc. erreichen. In diesem Zustande ist sein absoluter Wärme-Effekt = 0,56, also immer noch größer als der des gedarrten Holzes.

Wie diese auf theoretischem Wege erhaltenen Resultate mit der Erfahrung übereinstimmen, zeigen Versuche von Berthier, welcher den absoluten Wärme-Effekt einiger lufttrocknen Torfsorten durch seine früher erwähnte und beschriebene Methode ermittelte. Er fand hierbei, daß

1 Gwthl. Torf von					Absoluter Wärme-Effekt hiernach:
Ham	(11,7 Proc. Asche)	reducirte	12,3	Gwthle. Blei	0,36
Vassy	(7,2 » »)	»	13,0	» »	0,38
Framont	(3,0 » »)	»	15,4	» »	0,45

Specif. W.-E. des Holzes.

Der specifische Wärme-Effekt verschiedener Torfsorten ist nicht, wie es bei den Holzarten der Fall war, durch das Verhältniß gegeben, in welchem die specifischen Gewichte derselben zu einander stehen, da letztere von dem nicht constanten Wassergehalte, der noch schwankenderen Aschenmenge und dem ebenfalls sehr variirenden, von Zufälligkeiten abhängigen Dichtigkeitszustande in hohem Grade modificirt werden. Als Beispiele von den sehr verschiedenen specifischen Gewichten, welche der Torf in Folge dieser Umstände haben kann, mögen folgende Angaben von Karmarsch dienen

	Spec. Gew.
Rasentorf	0,113 — 0,263
Erdiger Wurzeltorf . .	0,240 — 0,600
Erdtorf	0,564 — 0,902
Pechtorf	0,639 — 1,033

Man kann hieraus wenigstens entnehmen, daß der specifische Wärme-Effekt der ersten und theilweise auch der zweiten dieser von Karmarsch

untersuchten Torfe, selbst wenn wir ihnen einen hohen absoluten Wärme-Effekt beimessen, jedenfalls dem des gewöhnlichen Brennholzes weit nachstehen muß, während dagegen der specifische Wärme-Effekt der letzten, und theilweise auch der vorletzten dieser Torfsorten dem des Brennholzes theils gleich kommt, theils auch ihn übertrifft. Die specifischen Wärme-Effekte verschiedener brennbarer Körper müssen sich nämlich, wie leicht einzusehen, verhalten wie die specifischen Gewichte derselben multiplicirt mit den absoluten Wärme-Effekten. Nehmen wir für den lufttrocknen Torf den größtmöglichen absoluten Wärme-Effekt an, nämlich = 0,50, so verhält sich folglich der spec. Wärme-Effekt des Rasentorfes von 0,263 spec. Gew. zu dem des lufttrocknen Tannenholzes (spec. Gew. = 0,48, absol. W.-E. = 0,40) wie $0{,}263 \times 0{,}50 : 0{,}48 \times 0{,}40$ oder wie $0{,}13 : 0{,}19$. Trotz jener Annahme ist also der specifische Wärme-Effekt des betreffenden Torfes doch bedeutend geringer als der des Tannenholzes. Nehmen wir dagegen für einen Torf von 0,600 spec. Gew. einen hohen Aschengehalt von 20 Proc. an, so ergiebt sich daraus ein absoluter Wärme-Effekt von 0,40, und das Verhältniß der specifischen Wärme-Effekte dieses Torfes und des Tannenholzes stellt sich wie $0{,}60 \times 0{,}40 : 0{,}48 \times 0{,}40$ oder wie $0{,}24 : 0{,}19$. — Daß der specifische Wärme-Effekt des Torfes durch Pressen desselben außerordentlich vermehrt werden kann, bedarf kaum einer Andeutung.

Pyrometr. W.-E. des Torfes.

Der **pyrometrische Wärme-Effekt** einer Torfart kann, wenn ihre Zusammensetzung gegeben ist, vermittelst der Formel 8. berechnet werden.

An der Luft getrockneter Torf mit 30 Proc. hygroskopischem Wasser, einer Aschenmenge von 20 Proc. und folglich mit 50 Proc. organischer fester Torfmasse, besitzt, wenn die Bestandtheile der letzteren zu 60 Proc. Kohlenstoff, 2 Proc. Wasserstoff und 38 Proc. Wasser angenommen werden, eine Zusammensetzung von:

30	Proc.	Kohlenstoff
1	»	Wasserstoff
49	»	Wasser
20	»	Aschentheilen.

Nach der Formel

$$P = 8000 \frac{aS + bS' + cS'' + dS'''}{a(1+S)s + b(1+S')s' + c(1+S'')s'' + d(1+S''')s''' + 0{,}917[aS + bS' + cS'' + dS''']}$$

wird daher der pyrometrische Wärme-Effekt dieses Torfes, wenn man die entsprechenden Zahlenwerthe einführt, und dabei berücksichtigt, daß sich sowohl das Wasser als die Aschentheile bei der Verbrennung der übrigen

Stoffe mit 0 (keinem) Sauerstoff verbinden, wodurch einige Glieder der Formel = 0 werden und also weggelassen werden konnten,

$$P = 3000 \frac{0{,}3 \,.\, 2{,}67 + 0{,}01 \,.\, 8}{0{,}3 \,.\, 3{,}67 \,.\, 0{,}221 + 0{,}01 \,.\, 9 \,.\, 0{,}847 + 0{,}49 \,.\, 0{,}847 + 0{,}2 \,.\, 0{,}2 + 0{,}917\,[0{,}3 \,.\, 2{,}67 + 0{,}01 \,.\, 8]}$$

Die specifische Wärme des Wasserdampfes ist hierbei = 0,847 und die der Asche = 0,2 angenommen worden. Durch Berechnung dieses Ausdruckes findet man einen pyrometrischen Wärme-Effekt von nahe = 1700° C. Der pyrometrische Wärme-Effekt des lufttrocknen Holzes wurde früher = 1750° C. gefunden.

Lufttrockner Torf mit 25 Proc. hygroskopischem Wasser, einer geringen, zu vernachlässigenden Aschenmenge und daher mit einem Gehalte von 75 Proc. organischer fester Torfmasse besteht aus:

45 Proc. Kohlenstoff
1,5 » Wasserstoff
53,5 » Wasser,

woraus sich, nach obiger Formel, ein pyrometrischer Wärme-Effekt von 1850° C. ergiebt. Der des halb gedarrten Holzes ist genau derselbe.

Gedarrter Torf, aus 25 Proc. Aschentheilen und 75 Proc. organischer fester Torfmasse bestehend, also zusammengesetzt aus

45 Proc. Kohlenstoff
1,5 » Wasserstoff
28,5 » Wasser
25 » Aschentheilen

hat einen pyrometrischen Wärme-Effekt von 2000° C. Der des gedarrten Holzes ist = 1950° C.

Gedarrter Torf mit einem unbedeutenden, nicht in Betracht kommenden Gehalte an Aschentheilen, also bestehend aus

60 Proc. Kohlenstoff
2 » Wasserstoff
38 » Wasser

besitzt einen pyrometrischen Wärme-Effekt von 2050° C.

Aus diesen vier Beispielen ergiebt es sich, daß, während schlechter (sehr aschenhaltiger und feuchter) Torf in seinem pyrometrischen Wärme-Effekte hinter dem des lufttrocknen Holzes zurückbleibt, der gedarrte Torf hierin das gedarrte Holz nicht unbedeutend zu übertreffen vermag.

Abgesehen von den Modificationen, welche durch verschiedenen Aschengehalt bedingt werden, sind der absolute und pyrometrische Wärme-Effekt der dunkel gefärbten (älteren) Torfarten stets größer als die der lichten. Der Grund hiervon liegt in der weiter vorgeschrittenen chemischen Verän-

derung der Holzsubstanz bei den ersteren, einer Veränderung, die, wie wir gesehen haben, hauptsächlich ein Abnehmen des Sauerstoffgehaltes und dadurch eine Zunahme an eigentlichem Brennstoff zur Folge hat.

B. Vorbereitung des Torfes zur Anwendung als Brennmaterial.

Diese Vorbereitung besteht, nach dem Stechen und Formen des Torfes, gewöhnlich im Trocknen, zuweilen auch im Darren und Pressen desselben. Durch jede dieser Operationen gewinnt der Torf in hohem Grade an Brauchbarkeit; durch das Trocknen und Darren wird sowohl sein absoluter und specifischer, als auch sein pyrometrischer Wärme-Effekt erhöht, durch das Pressen wächst der specifische in sehr bedeutendem Grade. Zugleich vermehrt das Trocknen und Darren die Flammbarkeit und Brennbarkeit des Torfes.

Pressen des Torfes.

Dem Pressen des noch nicht an der Luft ausgetrockneten Torfes, so vortheilhaft dasselbe, vom theoretischen Gesichtspunkte aus betrachtet, zu seyn scheint, stellt sich hauptsächlich die Schwierigkeit entgegen, daß die damit verbundenen Arbeitskosten verhältnißmäßig sehr hoch zu stehen kommen. Ueberdies verlieren hierbei einige Torfsorten, welche reich an lockerer Modersubstanz sind, zugleich mit dem Wasser auch einen Theil dieser letzteren, wodurch sich also ihr Gehalt an Brennstoff vermindert. Zu metallurgischen Zwecken, welche große Mengen eines billigen Brennmaterials erfordern, dürfte daher das Pressen des Torfes selbst durch so gut construirte Maschinen, wie die von Willougby, im Allgemeinen nicht anzurathen seyn.

Darstell. des lufttrocknen Torfes.

Um Torf lufttrocken zu machen, verfährt man auf ganz analoge Weise wie beim Holze. Entweder geschieht es in freien Haufen oder unter Schoppen. Welcher Methode man sich aber bediene, so dürfen die Torfstücke nicht dicht aneinander gerückt, sondern mit Zwischenräumen, gleich einer regelmäßig durchbrochenen Mauer, aufgeschichtet werden. Weder die Breite noch die Höhe der Haufen darf beträchtlich seyn; die erstere wird durch die Gesammtlänge von drei bis vier, etwa ein Paar Zoll von einander stehenden Torfziegeln bestimmt; die letztere ist, je nach der Beschaffenheit des Torfes verschieden. Man schichtet nämlich die Torfhaufen so hoch auf, als es angeht ohne dieselben dem Umstürzen oder die untersten Torfschichten dem Zerdrücken auszusetzen. Beim Trocknen in freien Haufen ist es zweckmäßig, letztere mit einer losen Bedachung von leichten Brettern oder dergl. zu versehen.

Darren des Torfes.

Das Darren des Torfes geschieht an vielen Orten in Darröfen oder Darrkammern von gleicher Construktion wie die, welche man beim Holze

anwendet. Auf einigen Hüttenwerken, wie z. B. auf der Eisenhütte Königsbrunn in Würtemberg, bedient man sich dagegen der Torf-Darröfen von eigenthümlicher Construktion. Den Königsbrunner Ofen haben Regnault und Sauvage beschrieben (Ann. des mines, 3ième série, T. X, p. 289). Einen Auszug dieser Beschreibung findet man in Karsten's Eisenhüttenkunde, 2te Auflage, Bd. 2, S. 344. Dieser Darrofen, in welchem die Temperatur des Darr-Raumes nicht viel über 100° C. zu steigen pflegt, faßt 11,500 Stück Torf, welche auf einer mit Holz belegten eisernen Platte aufgeschichtet werden, die durch eine Feuerung von unten her erwärmt wird. Die ausgetriebenen Wasserdämpfe nehmen ihren Weg durch mehrere Oeffnungen am oberen Theile der Rückwand des Darr-Raumes und treten aus diesen in einen Raum ein, welcher durch eine von der Feuerung ausgehende, heberförmig gebogene eiserne Röhre (die zugleich die Stelle einer Esse vertritt) stark erwärmt wird. Von hier aus gelangen dieselben durch eine im Deckgewölbe angebrachte Oeffnung in's Freie. Damit das Darren durch Einströmen trockner Luft begünstigt werde, sind an dem unteren Theile der Vorwand des Darr-Raumes, dicht über der eisernen Bodenplatte, mehrere Löcher vorhanden. Zum Darren der gedachten Anzahl Torfstücke wird eine Zeit von 9 — 10 Tagen erfordert. Der zu Königsbrunn angewendete lufttrockne Torf verliert etwa 40 Procent von seinem Gewichte und fast 50 Proc. von seinem Volumen. — Gedarrter Torf muß wo möglich gleich nach dem Darren zur Feuerung angewendet werden, weil er sonst binnen kurzer Zeit wieder einen Theil der verlorenen Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Sehr vortheilhaft ist es daher, den gedarrten Torf unmittelbar aus der Darrkammer zu verbrauchen. Um dies möglich zu machen, wird aber natürlicher Weise mehr als *ein* Darrofen erfordert.

IV. Von der Braunkohle.

A. Eigenschaften der Braunkohle.

Vergleichung der Braunkohle mit Torf und Steinkohle.

Die **Braunkohle** ist, gleich dem **Torfe**, ein durch nasse Vermoderung verändertes Holz, mit dem Unterschiede jedoch, daß dieser der Gährung verwandte Proceß bei der ersteren weiter vorgeschritten ist als bei dem letzteren. Noch länger als die Braunkohle ist die **Steinkohle** der Wirkung desselben ausgesetzt gewesen. Die Eigenthümlichkeit dieses in der Natur fortwährend thätigen, unter gewöhnlichen Umständen äußerst langsam fortschreitenden Processes besteht darin, daß sich in den ersten Stadien desselben, wie sie beim Torfe und theilweise auch bei der Braunkohle stattfinden, aus einem Theile der die Holzsubstanz bildenden Stoffe (Kohlenstoff,

Sauerstoff und Wasserstoff) Kohlensäure und Wasser erzeugen, wodurch folglich ein an Kohlenstoff relativ reicheres Produkt zurückbleiben muß, als wir dasselbe im Torfe und in der Braunkohle erblicken. Bei der Entstehung der Steinkohle, also in späteren Stadien des Processes, scheint, außer der fortgesetzten Bildung jener beiden Körper, noch die Entwicklung von Grubengas (CH^4) hinzuzukommen. Dies ist nicht allein der Zusammensetzung der Steinkohle, im Vergleich zu der des Holzes, gemäß, sondern wird auch durch die bekannte Thatsache der schlagenden Wetter (Anhäufungen von Grubengas) in den Steinkohlengruben sehr wahrscheinlich gemacht. — Nimmt man allein auf die Eigenschaften Rücksicht, so ist es nicht möglich, eine scharfe Grenze zwischen Braunkohle und Steinkohle zu ziehen, welche fossile Kohlenarten nur in Bezug auf ihr geognostisches Vorkommen streng von einander geschieden werden können. Mit dem Namen Braunkohle bezeichnet man nämlich jede natürlich vorkommende Kohle, welche in den Formationen über der Kreide (also jünger als dieselbe) angetroffen wird, während man jede ältere Kohle im Allgemeinen Steinkohle nennt.

Arten der Braunkohle.

Die verschiedenen Arten der Braunkohle werden gewöhnlich in faserige, erdige und muschlige Braunkohle eingetheilt. Diese Eintheilung, obgleich aus der Struktur entnommen, stellt gleichwohl die Braunkohlen von ungefähr gleichem Alter und verwandter chemischer Beschaffenheit zusammen, ganz ähnlich, wie es bei der Eintheilung des Torfes in gelben, braunen und schwarzen der Fall ist. Die fasrige Braunkohle, mitunter auch Lignit, fossiles oder bituminöses Holz genannt, besitzt mehr oder weniger deutlich die Struktur des Holzes und der Pflanzentheile, aus denen sie gebildet wurde. Sie ist die jüngste unter den Braunkohlen. Die erdige Braunkohle oder Erdkohle hat diese Struktur ganz oder theilweise eingebüßt, ohne aber schon die feste Beschaffenheit und den muschligen Bruch der muschligen Braunkohle, der sogenannten Pechkohle, angenommen zu haben. Diese letztere ist stets älter als die fasrige Braunkohle, allein das relative Alter der Erdkohle ist minder sicher, da ihre Struktur nicht immer die Folge ihres Alters ist, sondern zuweilen auch von beigemengten unorganischen Stoffen bedingt wird. Fast scheint es, als rührten die fasrige Braunkohle und die Pechkohle hauptsächlich von fossilem Stammholze her, während die Erdkohle in manchen Fällen als ein tertiärer Torf zu betrachten seyn dürfte.

Bestandtheile der Braunkohle.

Auf gleiche Weise, wie es beim Holze und Torfe der Fall ist, läßt sich die Braunkohle als aus fester Braunkohlensubstanz und Wasser zusammengesetzt betrachten, wobei unter letzterem alle Feuchtigkeit verstanden wird, die bei einer etwas über der Wassersiedhitze liegenden Temperatur entweicht.

Organ. Theil der festen Braunkohlenmasse.

Die feste Braunkohlenmasse besteht aus einem organischen und einem unorganischen Theile. — Der organische Theil ist zusammengesetzt aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und einer geringen, höchstens gegen 2 Proc. betragenden Menge Stickstoff. Regnault analysirte mehrere Braunkohlenarten und fand die Bestandtheile ihrer organischen festen Masse wie folgt:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.*)
Fasrige Braunkohle von Usnach	57,29	5,83	36,88
Erdige » aus Griechenland . . .	67,28	5,49	27,23
Dieselbe Art von Köln	66,96	5,27	27,77
Muschlige Braunkohle von der Rhonemündung.	73,79	5,29	20,92
Dieselbe Art von Dax	74,19	5,88	20,13
Dieselbe Art vom Meißner.	73,00	4,93	22,07
Dieselbe Art aus den Niederalpen.	70,02	5,20	21,77
Dieselbe Art von Ellnbogen	77,64	7,85	14,51

Außer Regnault haben Kühnert, Varrentrapp und Liebig Analysen von Braunkohlen geliefert (s. Knapp's Technologie Bd. 1, S. 20). Aus allen diesen Untersuchungen geht hervor, daß die mittlere Zusammensetzung der organischen festen Masse der genannten drei Braunkohlenarten in runder Zahl etwa angenommen werden kann, wie folgt:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Fasrige Braunkohle . . .	60	5	35
Erdige Braunkohle . . .	70	5	25
Muschlige Braunkohle . .	75	5	20

Nehmen wir auch hier an, wie es bereits beim Holze und Torfe geschah, daß der Sauerstoff (dessen Menge durch die des Stickstoffs etwas verringert wird) mit einer entsprechenden Quantität Wasserstoff zu Wasser verbunden sey, so ergeben sich folgende Zusammensetzungen:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Fasrige Braunkohle . . .	60	1	39
Erdige Braunkohle . . .	70	2	28
Muschlige Braunkohle . .	75	3	22

Die Zusammensetzung der organischen festen Masse der fasrigen Braunkohle kommt also der der ähnlichen Masse des Torfes (60 Kohlenstoff,

*) Der kleine Stickstoffgehalt ist in der angegebenen Menge des Sauerstoffs einbefaßt.

Unorganischer Theil der festen Braunkohlenmasse.

2 Wasserstoff 38 Sauerstoff) äußerst nahe. — Der unorganische Theil der Braunkohlenmasse ist, seiner Qualität nach, wesentlich von dem des Torfes verschieden; kommt demselben aber in seiner Quantität im Allgemeinen gleich. Reinsch und Varrentrapp analysirten Braunkohlenasche und fanden darin, der Erstere: 50 Proc. schwefelsaures Eisenoxydul, 25,4 Proc. unterschwefligsauren Kalk, 20 Proc. Sand, 3,6 Proc. Gyps, 1,9 Proc. unterschwefelsaures Kali; der Letztere: 75,5 Proc. Gyps, 19,27 Proc. Kieselerde und Thon, 11,57 Proc. Thonerde, 5,78 Proc. Eisenoxyd, 2,64 Proc. kohlensaures Kali, 2,58 Proc. Magnesia. Die Asche der Braunkohlen ist also sowohl durch den Mangel an Phosphorsäure als durch das Vorhandenseyn einer bedeutenden Menge Schwefelsäure sehr bestimmt von der Asche des Torfes verschieden. — Ueber die Menge der in der festen Braunkohlenmasse vorhandenen Aschentheile besitzen wir Untersuchungen von Regnault, Karsten, Kühnert, Reinsch, Varrentrapp und Balling (s. Knapp's Technologie Bd. 1, S. 18), aus denen hervorgeht, daß dieselbe von 1 Proc. bis zu 50 Proc. und darüber schwanken kann. Bei den meisten Braunkohlensorten scheint sie jedoch nicht unter 5 Proc. und nur selten über 10 Procent zu betragen.

Hygroskop. Wassergehalt der Braunk.

Der Wassergehalt der frisch gegrabenen Braunkohle ist zuweilen, besonders wenn die betreffenden Gruben dem Eindringen der Tagewasser ausgesetzt sind, sehr beträchtlich, und kann bis zu 50 Proc. und darüber steigen. Derselbe ist jedoch auch zum Theil von der Beschaffenheit der Kohle abhängig, indem fasrige Braunkohle und Erdkohle mehr Wasser einsaugen als die feste Pechkohle. Lufttrockne Braunkohle enthält gewöhnlich nicht über 20 Proc. hygroskopisches Wasser, gute Pechkohle weit weniger.

Nach diesen Daten ist es bei der Braunkohle eben so schwer als beim Torfe, ein allgemeines Bild für die Zusammensetzung derselben zu entwerfen. Es kann dies nur unter Voraussetzungen geschehen, welche keine allgemeine Gültigkeit besitzen. Wenn wir nämlich den sehr schwankenden Aschengehalt vernachlässigen und den durchschnittlichen Wassergehalt der lufttrocknen Braunkohle zu 20 Proc. annehmen, so ergeben sich folgende Zusammensetzungen in runder Zahl.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Chem. geb. Wasser.	Hygrosk. Wasser.
Fasrige Braunkohle . .	48	1	31	20
Erdige Braunkohle . .	56	2	22	20
Muschlige Braunkohle .	60	3	17	20

Brennbarkeit der Braunkohle.

Die Brennbarkeit der Braunkohle ist geringer als die des Holzes, obgleich man aus dem größeren relativen Wasserstoffgehalte derselben auf

das Umgekehrte schließen sollte. Der Grund hiervon liegt in der weit weniger porösen Struktur der Braunkohle. Die fasrige Braunkohle kommt in ihrer Struktur zwar dem Holze nahe, besitzt aber auch einen nur wenig größeren Wasserstoffgehalt als dieses.

Flammbarkeit der Braunkohle.

Die Flammbarkeit der Braunkohlen steht, was die Länge der Flamme betrifft, zwischen der des Holzes und der Steinkohle. Die Pechkohle kommt einigen Steinkohlensorten hierin vollkommen gleich, während die fasrige Braunkohle dem Holze näher steht.

Absoluter W.-E. der Braunkohle.

Der absolute Wärme-Effekt der Braunkohlen kann, bei gegebener Zusammensetzung derselben, leicht nach der bereits früher erläuterten Methode geschätzt werden. Bei Annahme der oben angeführten mittleren Zusammensetzungen und bei Vernachlässigung des Gehaltes an Aschentheilen, ergeben sich folgende absolute Wärme-Effekte.

	Absoluter W.-E.
1) Lufttrockne Braunkohle	
Fasrige	0,50
Erdige	0,62
Muschlige	0,70
2) Gedarrte Braunkohle	
Fasrige	0,63
Erdige	0,76
Muschlige	0,84

Berthier untersuchte vermittelst seiner Methode lufttrockne Braunkohlen verschiedener Fundorte auf ihren absoluten Wärme-Effekt, und erhielt hierbei folgende Resultate.

1 Gwthl. Braunkohle von:					Absoluter W.-E.
Fuarch (12 Proc. Asche)	reducirte	18,2	Gwthle.	Blei	0,54
Val Pineau (6,5 Proc. A.)	»	19,25	»	»	0,57
Fuveau (11 Proc. A.)	»	21,0	»	»	0,62
Gardanne (15,2 Proc. A.)	»	22,0	»	»	0,65
St. Martin de Vaud (11 P. A.)	»	22,6	»	»	0,67

Fast alle lufttrocknen Braunkohlen übertreffen in ihrem absoluten Wärme-Effekte den des gedarrten Holzes (= 0,50), die gedarrte Braunkohle in noch höherem Grade.

Specif. W.-E. der Braunkohle.

Der specifische Wärme-Effekt läßt sich bei der Braunkohle, wegen des schwankenden Aschengehaltes, fast eben so wenig mit Genauigkeit aus ihrem specifischen Gewichte bestimmen, als dies beim Torfe der Fall war; jedoch liegen die Grenzen des spec. Gew. bei der ersteren weit weniger von einander als bei dem letzteren, nämlich in der Regel zwischen 1,15 und 1,3.

Die fasrige Braunkohle pflegt das niedrigste, die Erdkohle das höchste spec. Gew. zu haben; für die Pechkohle kann ein mittleres spec. Gew. von 1,2 angenommen werden. Setzt man diese specifischen Gewichte in Verbindung mit den absoluten Wärme-Effekten der betreffenden Kohlenarten (s. den spec. Wärme-Effekt des Torfes), so erhält man folgende Verhältnisse der specifischen Wärme-Effekte der Braunkohlen unter einander und zu denen des Tannen- und Weißbuchenholzes.

	Verhältnisse der spec. W.-E.
Fasrige Braunk. v. 1,15 spec. Gew. .	0,58
Erdige » v. 1,3 » » . .	0,81
Muschlige » v. 1,2 » » . .	0,84
Lufttrocknes Tannenholz	0,19
Lufttrocknes Weißbuchenholz	0,31

Obgleich die specifischen Wärme-Effekte der Braunkohlen, wegen der nicht in Rechnung gebrachten Aschengehalte, hier zu hoch ausgefallen sind, läßt sich gleichwohl aus dieser Zusammenstellung ersehen: daß der specifische Wärme-Effekt guter lufttrockner Braunkohle mehr als doppelt so groß als der des besten lufttrocknen (Weißbuchen-) Holzes seyn kann.

Pyrometr. W.-E. der Braunkohle.

Der pyrometrische Wärme-Effekt irgend einer Braunkohle von gegebener Zusammensetzung kann mit Hülfe der Formel 8. berechnet werden (s. den pyrometrischen Wärme-Effekt des Torfes). Für die folgenden Braunkohlensorten wurde diese Rechnung ausgeführt, ohne jedoch den Aschengehalt dabei in Betracht zu ziehen.

	Pyrometr. W.-E.
1) Lufttrockne Braunkohle	
Fasrige . . .	1900° C.
Erdige . . .	2000° »
Muschlige . .	2040° »
2) Gedarrte Braunkohle	
Fasrige . . .	2080° »
Erdige . . .	2120° »
Muschlige . .	2180° »

Luftrockne und sehr reine Braunkohle übertrifft in ihrem pyrometrischen Wärme-Effekt den des gedarrten Holzes (= 1950° C.), und kann, im gedarrten Zustande, einen um etwa 200° C. höheren pyrometrischen Wärme-Effekt erreichen als dieses.

B. Vorbereitung der Braunkohle zur Anwendung als Brennmaterial.

Braunkohlen, welche in keinem sehr feuchten Zustande aus der Grube kommen, pflegt man ohne weitere Vorbereitung anzuwenden; nasse Braunkohlen dagegen schichtet man an luftigen, vor Regen geschützten Orten in Haufen auf, bis sie lufttrocken geworden sind. Das Darren der Braunkohle, so vortheilhaft dasselbe in Bezug auf ihren pyrometrischen Wärme-Effekt seyn müßte, hat man bisher nicht in Ausführung gebracht; es ist nämlich mit dem Nachtheile verbunden, daß die Braunkohlen, theils durch das Einfüllen in die Darröfen und durch Herausnahme aus denselben, theils aber auch durch das Darren selbst, wobei sie eine vermehrte Sprödigkeit erlangen, leicht dem Zerbröckeln ausgesetzt und in diesem Zustande weniger anwendbar zu Rost-Feuerungen sind.

V. Von der Steinkohle.

A. Eigenschaften der Steinkohle.

Arten der Steinkohle.

Bei der Braunkohle wurde bereits angeführt, daß man unter Steinkohle jede natürlich vorkommende Kohle versteht, welche in den unterhalb der tertiären Formation liegenden Gebirgsgliedern angetroffen wird. Besonders sind es die Flötzgebilde, und von diesen vorzüglich die unterste Gruppe derselben, die eigentlich so genannte »Steinkohlen-Formation« oder das »Kohlengebirge«, in welcher sich die Steinkohlen in größter Häufigkeit und beträchtlichster Menge finden. Allein auch in dem versteinerungsführenden Theile des Uebergangsgebirges, welches der Steinkohlen-Formation im Alter vorangeht, werden Ablagerungen von Steinkohlen angetroffen. Diese ältesten Steinkohlen, der secundären Formation angehörend, nennt man, zum Unterschiede von denen der Flötzgebilde, Anthracit, Kohlenblende oder Glanzkohle. Eine solche Unterscheidung nach dem Alter ist für den Metallurgen von Wichtigkeit, da die Eigenschaften der Anthracite von denen der eigentlichen Steinkohlen wesentlich abzuweichen pflegen, wobei es jedoch eben so wenig an Uebergängen fehlt, als solche aus der muschligen Braunkohle in gewisse jüngere Steinkohlen stattfinden. Die eigentlichen (Flötz-) Steinkohlen theilt man am zweckmäßigsten, nach ihrer chemischen Constitution und ihrem in Folge davon verschiedenen Verhalten im Feuer, in Sandkohlen, Sinterkohlen und Backkohlen. In einem späteren Abschnitte, in welchem vom Verkohken (Verkohlen) der

Steinkohlen die Rede seyn wird, soll dieses verschiedene Verhalten der Steinkohlen bei höherer Temperatur angeführt werden; von ihrer chemischen Constitution soll dagegen sogleich die Rede seyn. — Eine andere Eintheilungsart der Steinkohlen bezieht sich auf die Struktur derselben. Man unterscheidet hiernach: Pechkohle, Schieferkohle, Grobkohle, Blätterkohle, Faserkohle u. s. w. Unter Pechkohle (auch Cannel-Kohle oder Gagat genannt) versteht man eine Steinkohle ohne Schichtstruktur im Kleinen, von pechartigem Glanze und vollkommen muschligem Bruche, also ganz ähnlich der muschligen Braunkohle, welche ebenfalls Pechkohle genannt wird. Nur besitzt diese nie eine so dunkel schwarze Farbe und selten einen so starken Glanz wie die letztere. Die Schieferkohle hat eine sehr deutliche Schieferstruktur, welche in der Grobkohle grobschiefrig, in der Blätterkohle höchst feinschiefrig wird. Die Faserkohle (fasriger Anthracit, mineralische Holzkohle), welche in allen Steinkohlenflötzen als Begleiter der gewöhnlichen Steinkohlen vorkommt, gleicht mehr oder weniger der künstlichen Holzkohle.

Bestandtheile der Steinkohle.

Feste Steinkohlenmasse und hygroskopisches Wasser, bei einer etwas über der Wassersiedhitze liegenden Temperatur entweichend, bilden die Substanz der Steinkohle.

Organ. Theil der festen Steinkohlenmasse.

Die feste Steinkohlenmasse besteht aus einem organischen und einem unorganischen Theile. — Der organische Theil enthält dieselben Bestandtheile, wie wir sie bereits beim Torfe und der Braunkohle kennen gelernt haben, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Die Menge des letzteren pflegt in den Steinkohlen nicht größer zu seyn als in den Braunkohlen, nämlich höchstens gegen 2 Proc. zu betragen. Jacquelin fand denselben in einer Steinkohlensorte ausnahmsweise = 2,90 Proc. Die Modificationen, welche ein solcher Stickstoffgehalt auf die Eigenschaften der Steinkohle als Brennmaterial hervorbringt, sind höchst unbedeutend, weswegen derselbe bei den folgenden Betrachtungen über den Wärme-Effekt der Steinkohlen unbeachtet gelassen werden kann. Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des organischen Theiles der festen Steinkohlenmasse sind besonders von Karsten, Jacquelin, Richardson und Regnault angestellt worden. Die Untersuchungen von Regnault sind die neuesten und besonders interessant durch die Zahl und Auswahl der verschiedenen Kohlensorten, deren geognostisches Alter angegeben ist. In der folgenden Tabelle sind die Resultate dieser Untersuchungen zusammengestellt. Die kleine Menge des Stickstoffs, welche bei einigen der analysirten Steinkohlen von Regnault genau ermittelt wurde, ist hierbei nicht angegeben, sondern stets in dem angegebenen Sauerstoffgehalt einbegriffen.

Art der Steinkohle.	Fundort.	Formation.	Zusammensetzung.		
			Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Sandkohle.	1. St. Girons.	Obere Kreide.	76,05	5,69	18,26
	2. St. Colombe.	Dieselbe.	76,09	5,84	18,07
	3. Blancy.	Kohlenformation.	78,26	5,35	16,39
	4. Noroy.	Keuper.	78,32	5,38	16,30
Sinterkohle.	5. Commentry.	Kohlenformation.	82,92	5,30	11,78
	6. Epinac.	Dieselbe.	83,22	5,23	11,55
	7. Céral.	Unterer Oolith.	84,56	5,32	10,12
Backkohle.	8. Rive de Gier.	Kohlenformation.	84,89	5,75	9,36
	9. Derselbe.	Dieselbe.	85,08	5,46	9,46
	10. Lancashire.	Dieselbe.	85,81	5,85	8,34
	11. Rive de Gier.	Dieselbe.	86,30	5,27	8,43
	12. Mons.	Dieselbe.	86,49	5,40	8,11
	13. Lavaysse.	Dieselbe.	86,56	5,56	7,88
	14. Mons.	Dieselbe.	87,07	5,63	7,30
	15. Rive de Gier.	Dieselbe.	87,45	5,77	6,78
	16. Derselbe.	Dieselbe.	89,04	5,23	5,73
	17. Derselbe.	Dieselbe.	89,07	4,93	6,00
	18. Newcastle.	Dieselbe.	89,19	5,31	5,56
	19. Obernkirchen.	Obere Jura.	90,40	4,88	4,72
	20. Rive de Gier,	Kohlenformation.	90,53	5,05	4,42
	21. Alais.	Dieselbe.	90,55	4,92	4,53
Anthracit.	22. Mayenne.	Uebergangsform.	92,85	3,96	3,19
	23. Aachen.	Dieselbe.	93,56	4,28	2,16
	24. Svansea.	Dieselbe.	94,05	3,38	2,57
	25. Lamure.	Lias *).	94,07	1,75	4,18
	26. Pensylvanien.	Uebergangsform.	94,89	2,55	2,56
	27. Macot.	Lias.	97,23	1,25	1,52

Außerdem mögen hier noch die Resultate von Jacquelin's Untersuchungen, vier verschiedene Anthracite betreffend, einen Platz finden. Der Stickstoffgehalt dieser Anthracite wurde durch besondere Versuche genau ermittelt.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Svansea	92,16	3,66	3,89	0,30
Sablé (Sarthe-Depart.)	93,69	2,67	1,16	2,48
Vizille (Isère-Depart.) .	95,22	1,89	0	2,90
Isère-Depart.	97,84	1,55	0	0,60

Zufolge aller dieser Analysen lassen sich für die organische feste Masse der vier Hauptarten der Steinkohlen folgende mittlere Zusammensetzungen in runder Zahl annehmen.

*) Daß diese Steinkohle, so wie die von Macot, obgleich sie sich in einem zur Flötzformation gehörigen Gebilde findet, dennoch die Zusammensetzung und Eigenschaften des Anthracit's besitzt, scheint, zufolge Regnault's Bemerkung, von der Einwirkung plutonischer Gesteine auf dieselbe herzurühren.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Sandkohle	77	5	18
Sinterkohle. . . .	83	5	12
Backkohle	87	5	8
Anthracit	95	3	2

Durch die Annahme, daß, gleich wie beim Holze, Torfe und bei der Braunkohle, der ganze Sauerstoffgehalt der Steinkohlen als mit einer entsprechenden Menge Wasserstoff zu Wasser verbunden betrachtet werden kann, wird diese Zusammensetzung verändert zu ungefähr:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Wasser.
Sandkohle	77	3	20
Sinterkohle . . .	83	4	13
Backkohle	87	4	9
Anthracit	95	3	2

Die mittlere Zusammensetzung der Sandkohle nähert sich der der muschligen Braunkohle, welche oben zu 75 Kohlenstoff, 3 Wasserstoff und 22 Wasser angegeben wurde. — Der unorganische Theil der festen Steinkohlenmasse besteht im Allgemeinen aus denselben Bestandtheilen, welche in der Asche der Braunkohlen gefunden werden; übrigens aber ist seine nähere Zusammensetzung sehr von lokalen Umständen abhängig. In vielen Steinkohlenarten treten Kieselerde und Thonerde als vorwaltende Bestandtheile der Asche auf, in anderen Gyps und Schwefeleisen, welches letztere, als Schwefelkies, äußerst häufig eine unwillkommne Beimengung der Steinkohle bildet. Ferner pflegen in der Steinkohlenasche vorzukommen: Eisenoxyd, Manganoxyd, Kalkerde, Magnesia (die beiden letzteren an Kohlensäure gebunden), so wie auch geringe Quantitäten von Chlor (oder Salzsäure) und Jod. Der letztere Bestandtheil wurde von Bussy aufgefunden. — Weder Phosphorsäure noch Alkali hat man bisher in der Steinkohlenasche nachweisen können. Der relative Aschengehalt verschiedener Steinkohlensorten ist durch Lampadius, Karsten, Richardson und Regnault bestimmt und zwischen weniger als 1 Proc. bis gegen 30 Proc. gefunden worden. Bei den meisten Steinkohlen dürfte derselbe kaum 5 Proc. übersteigen.

Unorgan. Theil d. fester Steinkohlenmasse.

Der hygroskopische Wassergehalt liegt bei den Steinkohlen zwischen engeren Grenzen als bei den in der Regel weniger dichten Braunkohlen. Die Sandkohle, deren aschenreiche Varietäten unter den Steinkohlen am porösesten zu seyn pflegen, hält im lufttrocknen Zustande, nach Karsten, nicht über 12 bis 13 Proc. hygroskopische Feuchtigkeit, zuweilen aber auch

Hygroskop. Wassergehalt der Steinkohle.

bedeutend weniger. Der Wassergehalt der Sinterkohle ist gewöhnlich geringer als der der Sandkohle und etwas größer als der der Backkohle. Bei einer kohlenstoffreichen dichten Steinkohle, aus Flötzen gewonnen, welche der Einwirkung der Tagewasser nicht ausgesetzt sind, ist das Maximum des Wassergehaltes wohl kaum über 5 Procent zu setzen.

Einfaches Bild v. d. Zusammens. d. Steinkohle.

Nehmen wir den mittleren hygroskopischen Wassergehalt der Steinkohlen zu 5 Procent und ihren durchschnittlichen Gehalt an Aschentheilen ebenfalls zu 5 Procent an, welche Annahmen eher zu hoch als zu niedrig seyn dürften, so ergeben sich hieraus folgende mittlere Zusammensetzungen der vier Kohlenarten in runder Zahl:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Hygrosk. und chem. geb. Wasser.	Aschentheile.
Sandkohle	69	3	23	5
Sinterkohle	75	4	16	5
Backkohle	78	4	13	5
Anthracit	85	3	7	5

Brennbarkeit der Steinkohle.

Backkohlen lassen sich leichter entzünden als Sinterkohlen und Sandkohlen; Anthracit gewöhnlich am schwierigsten. Zum Fortbrennen der entzündeten Steinkohlen ist es erforderlich, daß man entweder größere Mengen derselben in Brand setzt, oder daß besondere Zugvorrichtungen (Rost, Esse u. s. w.) dabei in Anwendung gebracht werden.

Flammbarkeit der Steinkohle.

Gewisse Sandkohlen, vorzüglich die aschenreichen, lassen sich, so wie die meisten Anthracite, nur durch einen starken Luftstrom, und wenn größere Quantitäten derselben entzündet werden, zum wirklichen **Entflammen** bringen, geben aber dennoch hierbei nur eine sehr kurze und spärliche Flamme. Die Backkohlen verbrennen unter allen Steinkohlen mit der längsten und reichsten Flamme. Von dem Grunde dieses Verhaltens, so weit derselbe bekannt ist, soll später, bei der Verkohlung der Steinkohlen, die Rede seyn.

Bei Annahme der eben angeführten mittleren Zusammensetzungen ergeben sich folgende **absolute Wärme-Effekte** der vier Steinkohlenarten im Vergleich zu dem des Kohlenstoffs = 1.

	Absolut. W.-E.
Sandkohle	0,78
Sinterkohle	0,87
Backkohle	0,90
Anthracit	0,94

Absoluter W.-E. der Steinkohle.

Der absolute Wärme-Effekt des Anthracits ist also nur sehr wenig von dem des reinen Kohlenstoffs verschieden; es giebt Anthracitarten, welche denselben vollkommen erreichen, vielleicht sogar ein wenig übertreffen. — **Berthier** und **Karsten** haben verschiedene Steinkohlen auf ihren absolu-

ten Wärme-Effekt untersucht, indem sie sich hierbei der Berthier'schen Methode bedienten. Die Resultate von einigen dieser Versuche sind in dem Folgenden tabellarisch zusammengestellt. Die von den genannten Beobachtern ermittelten Aschengehalte wurden dabei angegeben. Bei den für die absoluten Wärme-Effekte gefundenen Zahlenwerthen ist zu berücksichtigen, daß, wie bereits früher erwähnt wurde, die Berthier'sche Methode eher etwas zu kleine als zu hohe Werthe angiebt. Bei den nur wenige flüchtige reducirende Bestandtheile enthaltenden Steinkohlen ist jedoch dieser Fehler gewiß nur sehr gering und dürfte vielleicht dadurch vollkommen compensirt werden, daß ein kleiner Theil des angewendeten Bleioxyds durch brennbare Gase reducirt wird, welche von außen her in den Tiegel dringen.

Art der Steinkohle.	Fundort.	Reducirtes Blei.	Absolut. W.-E.	
Sandkohle	Oberschlesien (1,9 Proc. Asche)	21,15	0,62	Karsten.
	Dombrowa (4 Proc. A.)	21,20	0,62	Berthier.
	Oberschlesien (3,4 Proc. A.)	22,00	0,65	Karsten.
	Saarbrücken (3,9 Proc. A.)	25,85	0,76	
	Oberschlesien (2,4 Proc. A.)	26,30	0,77	
	Niederschlesien (1,9 Proc. A.)	26,80	0,79	
	Löbejün (7 Proc. A.)	30,80	0,90	
	Westphalen (1,1 Proc. A.)	31,15	0,91	
	Durham (5 Proc. A.)	31,60	0,93	Berthier.
	Westphalen (1,7 Proc. A.)	31,65	0,93	Karsten.
Sinterkohle	Glasgow (4 Proc. A.)	24,90	0,73	Berthier.
	Asturien (1,8 Proc. A.)	26,00	0,76	
	Wigan, England (3,4 Proc. A.)	28,30	0,83	
	Dowles (0,3 Proc. A.)	31,80	0,94	
Backkohle	Epinac (12 Proc. A.)	26,80	0,79	
	Bességes (10,3 Proc. A.)	27,00	0,80	
	Mayenne (9,0 Proc. A.)	27,00	0,80	
	Ronchamp (7,0 Proc. A.)	27,30	0,80	
	Mons (5,0 Proc. A.)	27,40	0,81	
	Alais (10,4 Proc. A.)	27,60	0,81	
	Mons (3,0 Proc. A.)	28,10	0,83	
	Mons (1,7 Proc. A.)	29,00	0,85	
	Rive de Gier (2,0 Proc. A.)	29,60	0,87	
	Carmaux (3,5 Proc. A.)	30,10	0,89	
	Newcastle (5,4 Proc. A.)	30,90	0,91	
	Obernkirchen (2,4 Proc. A.)	30,90	0,91	
	Eschweiler (3,7 Proc. A).	31,00	0,91	
	Wallis (2.7 Proc. A.)	31,20	0,92	

Als Durchschnitts-Resultat dieser Versuche über 10 Arten Sandkohlen, 4 Arten Sinterkohlen und 14 Arten Backkohlen ergiebt sich:

	Absol. W.-E.
Sandkohle mit 3,2 Proc. Asche . . .	0,79
Sinterkohle mit 2,4 Proc. Asche . . .	0,82
Backkohle mit 5,6 Proc. Asche . . .	0,85

welche Werthe sich, unter Berücksichtigung der Umstände, nicht sehr erheblich von denen entfernen, welche auf theoretischem Wege für diese Steinkohlenarten gefunden worden sind. In Bezug auf die Sinterkohle zeigt sich eine weniger genügende Uebereinstimmung, was aber auch, da das Durchschnitts-Resultat nur aus vier Versuchen bestimmt wurde, kaum anders zu erwarten ist.

Specifischer W.-E. der Steinkohle.

Wenn die Zusammensetzungen und specifischen Gewichte verschiedener Steinkohlen gegeben sind, läßt sich daraus das Verhältniß, in welchem ihre specifischen Wärme-Effekte zu einander und zu denen anderer Brennmaterialien stehen, durch eine einfache Rechnung ermitteln, wie sie bereits oben beim Torfe und bei der Braunkohle in Anwendung gebracht wurde. Dies Verhältniß ist nämlich gegeben durch die Produkte aus den absoluten Wärme-Effekten der betreffenden Brennmaterialien und aus ihren specifischen Gewichten.

Ueber die specifischen Gewichte der Steinkohlen haben Lampadius, Karsten, Richardson und Regnault Versuche angestellt. Aus den von diesen Beobachtern ausgeführten Wägungen 50 verschiedener Kohlensorten ergiebt sich bei

3 Steinkohlensorten ein specifisches Gewicht von 1,20 — 1,25
37 » » » » » 1,26 — 1,36
10 » » » » » 1,37 — 1,92

Das aus diesen 50 Versuchen abgeleitete mittlere specifische Gewicht ist, für eine Steinkohle von 8,73 Proc. mittlerem Aschengehalt, = 1,33. Läßt man jedoch die specifischen Gewichte der 10 specifisch schwersten Steinkohlen unberücksichtigt, was wohl (wegen ihres ungewöhnlich hohen, zwischen 19,20 und 28,4 Proc. liegenden Aschengehaltes) am richtigsten seyn dürfte, so erhält man ein mittleres specifisches Gewicht von 1,30 für eine Steinkohle von 5 Proc. mittlerem Aschengehalte. Von diesem specifischen Gewichte entfernt sich das der Mehrzahl der Steinkohlen nur wenig. Die Backkohlen pflegen, bei gleichen Aschengehalten, um ein Geringes specifisch leichter als die Sinterkohlen, und diese wieder etwas leichter als die Sandkohlen zu seyn. Das specifische Gewicht der dichtesten und specifisch schwersten Steinkohlenart, des Anthracits, muß, bei fast aschenfreiem Zustande, zufolge Versuchen von Jacquelin und Regnault, wenigstens zu 1,40 und, bei 5 Proc. Aschengehalt, zu etwa 1,50 angenommen werden. Für Steinkoh-

kohlen mit 5 Proc. Aschengehalt dürften daher folgende specifische Gewichte als die mittleren gelten können:

	Mittleres spec. Gew.
Sandkohle . . .	1,34
Sinterkohle . . .	1,30
Backkohle	1,26
Anthracit	1,50

Werden diese specifischen Gewichte mit den entsprechenden absoluten Wärme-Effekten multiplicirt, so erhält man folgende Verhältnisse der specifischen Wärme-Effekte:

Sandkohle . . .	1,05
Sinterkohle . . .	1,13
Backkohle	1,13
Anthracit	1,41

Um diese specifischen Wärme-Effekte mit denen der Braunkohlen und einiger Holzarten vergleichen zu können, sind dieselben in der folgenden Uebersicht mit den bereits früher entwickelten specifischen Wärme-Effekten dieser Brennmaterialien zusammengestellt und nach ihrer Größe geordnet.

	Verhältniß d. spec. W.-E.
Anthracit	1,41
Backkohle	1,13
Sinterkohle	1,13
Sandkohle	1,05
Muschlige Braunkohle .	0,84
Erdige Braunkohle . .	0,81
Fasrige Braunkohle . .	0,58
Weißbuchenholz	0,31
Tannenholz	0,19

Pyrometr. W.-E. der Steinkohle.

Der **pyrometrische Wärme-Effekt** einer Steinkohle von gegebener Zusammensetzung läßt sich vermittelst der Formel 8 berechnen. Für die vier Steinkohlensorten von der früher angenommenen mittleren Zusammensetzung:

	C	H	$\dot{H}$	Asche.
Sandkohle . . .	69	3	23	5
Sinterkohle . . .	75	4	16	5
Backkohle . . .	78	4	13	5
Anthracit . . .	85	3	7	5

ergeben sich hierbei, wenn der Aschengehalt unberücksichtigt bleibt, folgende pyrometrische Wärme-Effekte:

		Pyrometr. W.=E.
Sandkohle	. . .	2160° C.
Sinterkohle	. . .	2190° »
Backkohle	. . .	2220° »
Anthracit	. . .	2300° »

Bringt man den Aschengehalt von 5 Proc. in Rechnung, so werden diese pyrometrischen Wärme=Effekte kaum um 10° C. niedriger. Der pyrometrische Wärme=Effekt des reinen Kohlenstoffs ist früher (s. Tab. V.) zu 2458° C. berechnet worden; der eines Anthracits von der angenommenen Zusammensetzung bleibt also nicht sehr weit hinter demselben zurück. Es giebt Anthracite, welche ihn vollkommen erreichen, ja sogar, wenn sie fast wasserfrei sind, ihn übertreffen.

B) Vorbereitung der Steinkohle zur Anwendung als Brennmaterial.

Die Steinkohlen sind, wegen ihres hohen Dichtigkeitsgrades, nicht dazu geneigt, viel Feuchtigkeit in sich aufzunehmen, und die meisten derselben kommen daher in einem so trocknen Zustande aus der Grube, daß sie unmittelbar als Brennmaterial angewendet werden können. In den seltenen Fällen, wo dies nicht angeht, schichtet man die feuchten Steinkohlen an luftigen, vor Regen geschützten Orten in Haufen auf. Die einzige Vorbereitung, welche mit allen Steinkohlen vorgenommen werden muß, ist das Zerschlagen zu Stücken von zweckmäßigem Volum, etwa von Faustgröße. Jedoch richtet sich dies zum Theil nach der Beschaffenheit der Feuerungs=Anstalten, in denen dieselben verbrannt werden sollen. Ganz kleine Stücke oder gar pulverförmige Steinkohlen sind aber stets von Nachtheil, weil sie entweder den Rost verstopfen und dadurch den Zug hemmen, oder, in mehr oder weniger unverbranntem Zustande, hindurchfallen und dadurch einen Verlust an nutzbarem Brennstoff bewirken. Dasselbe gilt von den Braunkohlen. —

VI. Von der Holzkohle.

A) Eigenschaften der Holzkohle.

Holzkohle.

Die Holzkohlen besitzen, besonders in Bezug auf ihr specifisches Gewicht und ihren Aschengehalt, eine verschiedene Beschaffenheit, welche abhängig ist von der Art des Holzes, aus welchem dieselben durch den Verkohlungsproceß gewonnen wurden. Man kann daher die Holzkohlen in eben so viele Klassen theilen, als es Holzarten giebt. Besonders unterscheidet man in dieser Hinsicht Kohle von harten Hölzern oder harte Kohle und Kohle von weichen Hölzern oder weiche Kohle. Die letztere ist ent=

weiche Laubholzkohle oder weiche Nadelholzkohle. — Eine andere, noch wesentlichere Eintheilungsart der Holzkohlen beruht auf dem Grade der Verkohlung, den dieselben erlitten haben. Man unterscheidet hierbei die durch vollständige Verkohlung des Holzes gewonnene schwarze Kohle oder Schwarzkohle von der durch mehr oder weniger unvollständige Verkohlung erzeugten rothen Kohle oder Rothkohle (charbon roux).

Bestandtheile der Holzkohle.

Keine Holzkohle ist reiner Kohlenstoff. Dieselbe besteht zunächst aus einer zusammengesetzten festen Kohlenmasse und hygroskopischem Wasser in veränderlicher Quantität.

Organischer Theil.

Die feste Kohlenmasse ist aus einem organischen und einem anorganischen Theile zusammengesetzt. — Der organische Theil enthält die Reste der durch die Verkohlung veränderten organischen Holzmasse. Bei einer ganz vollständigen Verkohlung würden dieselben nur in Kohlenstoff bestehen; es scheint aber, daß sich eine derartige Verkohlung auf gewöhnlichem Wege nicht ausführen läßt, und daß stets kleine Quantitäten (1 bis einige Proc.) Wasserstoff und vielleicht auch etwas Sauerstoff (?) in der Kohle zurückbleiben, welche erst bei sehr starker und anhaltender Glühhitze ausgetrieben werden können. In der Rothkohle ist die Menge des darin enthaltenen Wasserstoffs und Sauerstoffs eine weit beträchtlichere als in der Schwarzkohle. Zur genaueren Ermittelung ihrer Zusammensetzung fehlt es bis jetzt an Analysen, und wir wissen daher nur so viel, daß dieselbe weniger Wasserstoff und Sauerstoff als das gedarrte Holz und mehr als die Schwarzkohle enthält. Da nun, wie wir früher sahen, die Zusammensetzung des vollkommen gedarrten Holzes zu 50 Proc. Kohle und 50 Proc. Wasser angenommen werden kann, so entfernt man sich wohl nicht weit von der Wahrheit, wenn man die mittlere Zusammensetzung des organischen Theiles der Rothkohle zu

75 Proc. Kohlenstoff und
25 Proc. Wasser

annimmt. Der Kohlenstoffgehalt von 75 Proc. dürfte der Wahrheit ziemlich nahe kommen; allein es ist allerdings nicht gesagt, daß Wasserstoff und Sauerstoff in den übrigen 25 Proc., ähnlich wie beim lufttrocknen Holze, fast genau in demselben Gewichtsverhältnisse wie im Wasser stehen. Dies auszumachen, muß späteren Versuchen überlassen bleiben. Daß die Rothkohle keine so constante Zusammensetzung hat wie das vollkommen gedarrte Holz oder die Schwarzkohle, bedarf kaum einer Andeutung. Die Gränzen ihrer Zusammensetzung haben fast den ganzen Spielraum zwischen der Zusammensetzung der Schwarzkohle und der des gedarrten Holzes. — Der

Anorganischer Theil.

anorganische Theil der festen Holzkohlenmasse enthält natürlicher Weise dieselben Bestandtheile, welche den anorganischen Theil des Holzes bilden, allein in relativ größerer Menge, da sich bei der Verkohlung die Quantität der organischen Bestandtheile vermindert, während die der anorganischen

dieselbe bleibt. Im Durchschnitte kann man rechnen, daß aus 100 Gewichtstheilen lufttrocknem Holze (mit etwa 20 Proc. hygroskopischer Feuchtigkeit) 20 Gewichtstheile Schwarzkohle gewonnen werden. Folglich muß der relative Gehalt an Aschentheilen in der Schwarzkohle 5mal so groß seyn als im Holze. Da nun der Aschengehalt der am häufigsten angewendeten lufttrocknen Holzarten zwischen ungefähr $^1/_3$ und 1 Procent beträgt, so würde mithin hieraus ein mittlerer Aschengehalt der Schwarzkohle von etwa 3 Proc. folgen. Winkler fand, durch vorsichtige Einäscherung gewogener Kohlenmengen, folgende Aschengehalte:

		Aschengehalt.
Lindenkohle	. . .	3,55 Proc.
Ahornkohle	. . .	2,27 »
Eschenkohle	. . .	2,27 »
Ulmenkohle	. . .	2,17 »
Weidenkohle	. . .	1,50 »
Tannenkohle	. . .	1,44 »
Fichtenkohle	. . .	1,38 »
Pappelkohle	. . .	1,30 »
Buchenkohle	. . .	1,25 »
Kiefernkohle	. . .	1,11 »
Birkenkohle	. . .	0,80 »
Eichenkohle	. . .	0,75 »

Aus diesen 12 Versuchen ergiebt sich allerdings nur ein mittlerer Aschengehalt von 1,65 Proc., allein es dürfte auch gewiß sein, daß die von Winkler zur Verkohlung angewendeten Holzarten ungewöhnlich arm an Asche waren*). Es kommen zuweilen Holzkohlen vor, welche 5 Proc., ja selbst bis gegen 10 Proc. Asche enthalten. Ein mittlerer Aschengehalt von 3 Proc. dürfte also gewiß nicht zu hoch angenommen seyn. Die Rothkohle besitzt einen niedrigeren Aschengehalt, weil aus einer gewissen Menge Holz eine größere Quantität Rothkohle als Schwarzkohle gewonnen wird. Aus 100 Gewichtstheilen lufttrocknem Holze erhält man nämlich durchschnittlich ungefähr 40 Gewichtstheile Rothkohle; folglich muß der Aschengehalt der letzteren $2^1/_2$mal so viel betragen, als der des lufttrocknen Holzes, also halb so viel als der der Schwarzkohle, mithin 1,5 Proc.

Hygroskop. Wassergehalt der Holzkohle.

Der Gehalt der Holzkohlen an hygroskopischem Wasser richtet sich nach ihrer Porosität und der Länge der Zeit, in welcher dieselben aufbewahrt worden

*) Es ist übrigens außerordentlich schwer, den Aschengehalt der Kohle und des Holzes durch Einäschern zu bestimmen. Selbst wenn dies mit großer Sorgfalt geschieht, ist es nicht zu vermeiden, daß die äußerst feinen Aschenpartikel theilweise von dem zur Verbrennung nothwendigen Luftstrome und von den entweichenden Verbrennungsprodukten hinweggeführt werden.

sind. Nach Versuchen von Rau nehmen die frisch bereiteten Schwarzkohlen verschiedener Hölzer schon während der ersten 24 Stunden nach ihrer Darstellung 0,8 Proc. bis 16,3 Proc. Feuchtigkeit auf, wie folgende Uebersicht zeigt

	Wassergehalt nach 24 Stunden.
Weißbuchenkohle . . .	0,80 Proc.
Eschenkohle	4,06 »
Steineichenkohle	4,28 »
Birkenkohle	4,40 »
Lärchenkohle	4,50 »
Ahornkohle	4,80 »
Fichtenkohle	5,14 »
Rothbuchenkohle	5,30 »
Roßkastanienkohle . . .	6,06 »
Ulmenkohle	6,60 »
Erlenkohle	7,93 »
Kiefernkohle	8,20 »
Baumweidenkohle . . .	8,20 »
Ital. Pappelkohle . . .	8,50 »
Tannenkohle	8,90 »
Schwarzpappelkohle . . .	16,30 »

Werlisch hat Versuche angestellt über die Quantität Feuchtigkeit, welche Schwarzkohlen während eines längeren Zeitraumes aus der atmosphärischen Luft aufnehmen. Er fand die hierdurch veranlaßte Gewichtsveränderung von 100 Gewichtstheilen frischen Birkenkohlen, wie folgt:

100 Gewichtstheile Birkenkohlen wogen:

am 24sten Juni	100	Gwthl.
» 30sten Juni	104,35	»
» 7ten Juli	105,63	»
» 16ten Juli	106,57	»
» 29sten Juli	107,62	»
» 20sten August	108,16	»
» 17ten Septemper . . .	108,44	»

In einem Zeitraume von 85 Tagen hatten diese Kohlen also 8,44 Proc. Feuchtigkeit aufgenommen. Der totale Wassergehalt derselben war aber ohne Zweifel noch größer, denn Werlisch giebt an, daß er den Versuch mit »frisch aus dem Walde gekommenen« Birkenkohlen angestellt habe; dieselben waren also nicht warm aus dem Meiler gezogen. Befanden sie sich jedoch nur 24 Stunden außerhalb desselben, bevor sie gewogen wurden, so ergeben die Versuche von Rau, daß sie solchenfalls bereits über 4 Proc. Feuchtigkeit aufgenommen hatten. Mithin dürfte ihr totaler Wassergehalt

wohl kaum unter 10 bis 12 Proc. anzuschlagen seyn. *Aus der von Werlisch gegebenen Uebersicht ersieht man zugleich, daß der Feuchtigkeitsgehalt von Birkenkohlen, welche im Sommer während etwa 5 Wochen der Luft ausgesetzt waren, nicht mehr beträchtlich zunimmt. In der nassen Jahreszeit tritt diese Sättigung mit hygroskopischer Feuchtigkeit weit schneller ein, und erreicht auch einen höheren Grad. — Der durchschnittliche Wassergehalt wochen- bis monatelang gelagerter Schwarzkohlen läßt sich, da hierbei viel Nebenumstände in's Spiel kommen, nicht genau bestimmen; allein man fehlt wohl nicht sehr, wenn man denselben zu etwa 12 Proc. annimmt. Nach Berzelius beträgt er zwischen 10 und 20 Proc. — Ueber den Wassergehalt der während längerer Zeit an der Luft aufbewahrten Rothkohlen sind bis jetzt noch keine Versuche bekannt geworden. Dieselben sind weniger porös als die Holzkohlen und ziehen daher wohl nicht ganz so viel Feuchtigkeit an. Einstweilen möge ihr Gehalt an hygroskopischem Wasser zu 10 Proc. angenommen werden.

Einfaches Bild von der Zusammens. der Holzkohle.

Zufolge der eben beigebrachten Daten dürfte eine frisch bereitete Schwarzkohle durchschnittlich bestehen aus:

97 Proc. Kohlenstoff,
3 » Aschentheile.

Der verschiedene, aber stets nur geringe Gehalt der Schwarzkohlen an Wasserstoff und vielleicht auch Sauerstoff ist hierbei nicht berücksichtigt worden. Dasselbe geschah bei der folgenden mittleren Zusammensetzung einer lufttrocknen Schwarzkohle.

85 Proc. Kohlenstoff,
12 » hygroskopisches Wasser,
3 » Aschentheile.

Ein allgemeines Bild von der Zusammensetzung der Rothkohle zu geben, ist, theils wegen der noch mangelnden Analysen, theils wegen der Veränderlichkeit der relativen Mengen ihrer Bestandtheile, noch schwieriger als bei der Schwarzkohle. Ein Mischungsverhältniß von:

74 Proc. Kohlenstoff,
24,5 » chem. geb. Wasser,
1,5 » Aschentheile,

mag etwa der Zusammensetzung der frisch bereiteten, und von

66,5 Proc. Kohlenstoff,
22 » chem. geb. Wasser,
10 » hygroskop. Wasser,
1,5 » Aschentheile

der der gelagerten Rothkohle nahe kommen.

Brennbarkeit der Holzkohle.

Die Brennbarkeit der ganz frisch bearbeiteten, also so gut wie keine hygroskopische Feuchtigkeit enthaltenden Holzkohle ist insofern groß zu nennen,

als dieselbe, einmal entzündet und dem erforderlichen Luftzuge ausgesetzt, leicht fortbrennt; allein bei der Schwarzkohle wird, weil dieselbe ein schlechter Wärmeleiter ist und fast keine flüchtigen brennbaren Substanzen enthält, ein hoher Wärmegrad erfordert, um dieselbe zu entzünden. Frisch dargestellte Rothkohle entzündet sich dagegen bei einer niedrigeren Temperatur und brennt noch leichter fort. Mit zunehmendem Wassergehalte vermindert sich die Brennbarkeit der Holzkohle bedeutend. Kohlen, die während längerer Zeit dem Regen ausgesetzt waren und dadurch eine Quantität Wasser aufgenommen haben, welche ihrem Gewichte beinahe gleichkommt oder dasselbe sogar übertrifft (sogenannte »ersoffene Kohlen«), können, selbst bei guten Zugvorrichtungen, kaum zum Brennen gebracht werden, und ihr Wärme-Effekt ist ein sehr niedriger. Den höchsten Grad der Entzündlichkeit besitzt die (am besten vermittelst Metallkugeln in einer Drehtonne) zum feinsten Staube zermahlene Holzkohle. Die Erfahrung hat gelehrt, daß sich dieselbe nicht selten von selbst entzündet. Diese Selbstentzündlichkeit scheint auf der bekannten Eigenschaft poröser Kohle zu beruhen, Gase, dem Vielfachen ihres Volumen nach, in sich zu condensiren und dabei eine entsprechende Menge Wärme zu entwickeln. Die Größe der Oberfläche der fein zermahlenen Kohle ist auf einen solchen Grad gebracht, daß die durch Condensation der atmosphärischen Luft in ihr entwickelte Wärme hinreicht, die Verwandtschaft der Kohlenpartikel zum Sauerstoff der atmosphärischen Luft rege zu machen, welche Verwandtschaft außerdem noch dadurch bedeutend unterstützt wird, daß sich die erwärmten Kohlenpartikel in innigster Berührung mit comprimirter Luft befinden.

Flammbarkeit der Holzkohle.

Die Flammbarkeit der Schwarzkohle ist sehr gering, die der Rothkohle dagegen bedeutend. Einzelne Stücke der ersteren verbrennen ganz ohne Flamme, verglimmen also nur. Liegen dagegen viele solche Stücke beisammen und findet der nöthige Zug Statt, so bildet sich eine schwache bläuliche Flamme mit gelblicher Spitze. Diese Flamme kann aber nicht als ein Beweis dafür angesehen werden, daß jede Schwarzkohle noch eine Quantität flüchtiger brennbarer Stoffe (Wasserstoff) enthält, denn dieselbe würde sich auch, unter ähnlichen Umständen, bei einer chemisch reinen Kohle bilden. Sobald nämlich viele Kohlenstücke neben- und übereinander liegen und dadurch der atmosphärischen Luft keinen vollkommnen Zutritt gestatten, entsteht bei ihrer Verbrennung, außer der Kohlensäure, stets auch mehr oder weniger Kohlenoxydgas, welches mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure verbrennt. Die schwache Flamme der Schwarzkohlen besitzt keinen hohen Wärmegrad, aus welchem Grunde es sehr unzweckmäßig seyn würde, Holzkohlen zur Flammenfeuerung anzuwenden. Eine beträchtlich längere, stärker leuchtende und mehr erhitzende Flamme giebt die Rothkohle. Allein auch dieser bedient man sich nicht bei Flammenfeuerungen, da es hierbei natürlich am vortheil-

haftesten seyn muß, gedarrtes, noch seinen sämmtlichen Flammenstoff enthaltendes Holz anzuwenden.

Absoluter W.-E. der Holzkohle.

Der absolute Wärme-Effekt der Schwarz- und Rothkohlen, im Vergleiche zu dem des reinen Kohlenstoffs, ergiebt sich aus den oben für dieselben angenommenen mittleren Zusammensetzungen, wie folgt:

	Absolut. W.-E.
Völlig trockne Schwarzkohle . .	0,97
Lufttrockne Schwarzkohle . . .	0,84
Völlig trockne Rothkohle . . .	0,74
Lufttrockne Rothkohle	0,67

Die Rothkohle bleibt also in ihrem absoluten Wärme-Effekte hinter dem der Steinkohlen zurück; der der Schwarzkohle übertrifft ihn aber im Allgemeinen.

Specifischer W.-E. der Holzkohle.

Ueber den specifischen Wärme-Effekt der Holzkohlen läßt sich nur wenig mit Genauigkeit angeben, da die specifischen Gewichte der verschiedenen Arten dieser Kohlen bis jetzt nicht hinreichend ermittelt sind, und überdies noch großen Abweichungen durch lokale Ursachen unterworfen zu seyn scheinen. Scopoli, Hjelm, Kirwan und Hassenfratz haben die specifischen Gewichte mehrerer Schwarzkohlenarten bestimmt, aber mit sehr wenig übereinstimmenden Resultaten, was vielleicht zum Theil von dem nicht gehörig berücksichtigten verschiedenen Feuchtigkeitsgehalte derselben herrühren mag. Die Versuche von Hassenfratz, welche das größte Vertrauen zu verdienen scheinen, haben Folgendes ergeben:

	Specif. Gew.
Birkenkohle	0,203
Eschenkohle	0,200
Elsbeerkohle	0,196
Rothbuchenkohle . . .	0,187
Weißbuchenkohle . . .	0,183
Ulmenkohle	0,180
Rothtannenkohle . . .	0,176
Ahornkohle	0,164
Eichenkohle	0,155
Birnbaumkohle . . .	0,152
Erlenkohle	0,134
Lindenkohle	0,106

Nimmt man für alle diese Kohlen, welche, wie es am wahrscheinlichsten ist, im frisch ausgeglühten Zustande gewogen seyn dürften, eine gleiche Zusammensetzung (von 97 Proc. Kohlenstoff und 3 Proc. Aschentheilen) an, so verhalten sich ihre specifischen Wärme-Effekte genau wie ihre specifischen Gewichte. Um jene aber mit den specifischen Wärme-Effekten anderer

Brennmaterialien vergleichen zu können, müssen dieselben mit dem absoluten Wärme-Effekte der trocknen Schwarzkohle, = 0,97, multiplicirt werden (s. den spec. W.-E. des Torfes). Dies ist in der folgenden Zusammenstellung ausgeführt, welche zugleich die specifischen Wärme-Effekte der Steinkohlen, Braunkohlen und mehrerer Holzarten enthält.

	Verh. d. spec. W.-E.
Birkenkohle	0,20
Eschenkohle	0,19
Elsbeerkohle	0,19
Rothbuchenkohle	0,18
Weißbuchenkohle	0,18
Ulmenkohle	0,18
Rothtannenkohle	0,17
Ahornkohle	0,16
Eichenkohle	0,15
Birnbaumkohle	0,15
Erlenkohle	0,13
Lindenkohle	0,10
Anthracit	1,41
Backkohle	1,13
Sinterkohle	1,13
Sandkohle	1,05
Muschlige Braunkohle	0,84
Erdige Braunkohle	0,81
Fasrige Braunkohle	0,58
Weißbuchenholz	0,31
Eichenholz	0,28
Eschenholz	0,27
Ahornholz	0,26
Birkenholz	0,25
Rothbuchenholz	0,24
Ulmenholz	0,23
Erlenholz	0,22
Tannenholz	0,19
Fichtenholz	0,19
Lindenholz	0,18
Schwarzpappelholz	0,15

An diese Uebersicht knüpfen sich folgende Betrachtungen. Zuerst ersieht man

daraus, welcher außerordentliche Unterschied zwischen den specifischen Wärme-Effekten gewisser Bremmaterialien stattfindet. Der specifische Wärme-Effekt des Anthracits ist fast 10mal so groß, als der des Schwarzpappelholzes. Ferner ergiebt sich, daß der specifische Wärme-Effekt der Holzkohle stets geringer ist, als der der betreffenden Holzart, aus welcher sie gewonnen wurde. So ist z. B. der specifische Wärme-Effekt der Weißbuchenkohle = 0,18, während der des Weißbuchenholzes = 0,31 ist; der der Eichenkohle = 0,15, der des Eichenholzes = 0,28; der der Ahornkohle = 0,16, der des Ahornholzes = 0,26; der der Lindenkohle = 0,10, der des Lindenholzes = 0,18. Bei anderen Hölzern ergeben sich dagegen weit geringere Unterschiede zwischen den betreffenden specifischen Wärme-Effekten. Bei der Birke ist dies Verhältniß nur wie 0,20 : 0,25, bei der Fichte (Rothtanne) wie 0,17 : 0,19. Wenn die Holzkohle genau dasselbe Volum hätte, wie das lufttrockne Holz, aus dem sie gewonnen wurde, so müßte sich, wie leicht einzusehen, der specifische Wärme-Effekt der ersteren zu dem des letzteren annähernd wie 1 : 2 verhalten. Das lufttrockne Holz enthält nämlich ungefähr 40 Proc. Kohlenstoff, wovon etwa die Hälfte, also 20 Proc., durch die Verkohlung gewonnen wird. Unter jener Annahme vom gleichen Volume des unverkohlten und verkohlten Holzes würde also das lufttrockne Holz in demselben Raume gerade doppelt so viel Kohlenstoff enthalten, als die daraus gewonnene Kohle. Diese hat aber keineswegs ein solches Volum, sondern stets ein geringeres, indem bekanntlich alles Holz bei der Verkohlung schwindet. Von dem Grade dieses Schwindens ist es also abhängig, wie weit der specifische Wärme-Effekt der Kohle zu dem des betreffenden Holzes von dem Verhältnisse 1 : 2 abweicht. Je geringer das Schwinden war, desto annähernder wird das Verhältniß erreicht werden, während ein bedeutendes Schwinden stattfinden mußte, wenn sich dies Verhältniß näher an 1 : 1 gestaltet. Fichtenholz (0,17 : 0,19) würde hiernach bei der Verkohlung weit mehr schwinden, als Weißbuchenholz (0,18 : 0,31) und Eichenholz (0,15 : 0,28). Dies wird durch die Erfahrung bestätigt.

Pyrometr. W.-E. der Holzkohle.

Der pyrometrische Wärme-Effekt der Holzkohlen kann, mit Hülfe der Formel 8, leicht durch Rechnung ermittelt werden. Man findet auf diese Weise, wenn man die früher angenommenen mittleren Zusammensetzungen hierbei zu Grunde legt, folgende Werthe:

	Pyrometr. W.-E.
Völlig trockne Schwarzkohle	2450° C.
Schwarzkohle mit 12 Proc. Feuchtigkeit .	2365° »
Völlig trockne Rothkohle	2260° »
Rothkohle mit 10 Proc. Feuchtigkeit . .	2190° »

Die trockne Schwarzkohle (mit 3 Proc. Aschentheilen) erreicht mithin den pyrometrischen Wärme-Effekt des reinen Kohlenstoffs, = 2458° C., so gut

wie vollkommen. Der pyrometrische Wärme-Effekt der Rothkohlen kommt dem der Steinkohlen gleich.

B. Gewinnung der gewöhnlichen Holzkohle (Schwarzkohle).

Die Gewinnung der Holzkohle, als nicht unter die metallurgischen Processe gehörig, liegt außerhalb der engeren Grenzen eines Lehrbuches der Metallurgie. Da es jedoch eine große Anzahl von Hüttenwerken giebt, die mit Köhlerei-Anlagen in Verbindung stehen, durch welche dieselben ihren Kohlenbedarf ganz oder zum Theil selbst erzeugen, so ist es für den Metallurgen von Wichtigkeit, ein Einsehen in die Principien der Holzkohlengewinnung zu besitzen, wenigstens derjenigen Arten derselben, welche sich zeither für Hüttenwerke am vortheilhaftesten erwiesen haben. —

Chemischer Hergang bei der Holzverk.

Die chemische Theorie der Holzverkohlung ist eine sehr einfache, wenn es hierbei nur auf die Erklärung der chemischen Bildung oder vielmehr Abscheidung der Kohle aus dem Holze ankommt, eine sehr schwierige und vor der Hand sogar — wegen unzureichender Untersuchungen — nicht aufstellbare, wenn es sich darum handelt, alle chemischen Processe zu berücksichtigen, welche dabei eine Rolle spielen. Dem Zwecke des Metallurgen genügt eine theoretische Ansicht in der ersterwähnten Beziehung. — Wie bereits früher angeführt wurde, besteht die trockne feste Holzmasse, bei Uebersehung eines geringen Aschengehaltes, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Gleich allen organischen Körpern wird das Holz bei einer bis zu einem gewissen Grade erhöhten Temperatur zersetzt, d. h. die beiden gasförmigen Bestandtheile desselben, Wasserstoff und Sauerstoff, streben, durch die expandirende Wirkung der Wärme dazu genöthigt, aus dem Holze zu entweichen. Das chemische Gleichgewicht zwischen den Bestandtheilen des Holzes wird also durch die erhöhte Temperatur gestört: Wasserstoff und Sauerstoff suchen Gasgestalt anzunehmen. Dies kann, wegen der starken Affinitäten dieser Körper, nicht anders geschehen, als daß dieselben beim Austreten aus ihren alten Verbindungen sogleich neue Verbindungen eingehen, welche bei der herrschenden Temperatur zu bestehen vermögen. Auf diese Weise bildet sich eine große Anzahl von binären und ternären Zersetzungs- oder eigentlich Umsetzungs-Produkten, welche, mit Ausnahme des Wassers, sämmtlich mehr oder weniger kohlenstoffhaltig sind. Geschah die Erhitzung des Holzes unter hinreichendem Luftzutritt und bis zu dem erforderlichen Temperaturgrade, so entzünden sich die brennbaren dieser theils schon bei gewöhnlicher Temperatur gasförmigen, theils leicht flüchtigen Verbindungen und bilden das, was wir unrichtiger Weise die Flamme des Holzes nennen, da es eigentlich die Flamme jener Zersetzungs-Produkte ist. Die Resultate dieser Verbrennung sind, wenn dieselbe vollständig geschieht, nur Kohlensäure und

Wasser. Beide werden so lange erzeugt, als die Flamme durch neue Quantitäten ausgetriebener brennbarer Gase Nahrung erhält. Endlich versiegt aber diese Quelle, indem aller Wasserstoff und Sauerstoff aus dem Holze entwichen sind. In dem Momente, wo dieses stattfindet, bleibt derjenige Theil des Kohlenstoffs, welcher nicht durch den Wasserstoff entführt wurde, im glühenden Zustande zurück, und kann nun durch plötzliches Abkühlen oder Luftabschließen als Holzkohle erhalten werden. Warum bei einer zur rechten Zeit unterbrochenen Verbrennung des Holzes stets ein solcher Rückstand von Kohle bleibt, oder, mit anderen Worten, warum die Bestandtheile des Holzes nicht gleichzeitig verbrennen, sondern der größte Theil des Kohlenstoffs erst zu verbrennen anfängt, wenn Sauerstoff und Wasserstoff in Verbindung mit einem geringeren Theil Kohlenstoff — als flüchtige Zersetzungs-Produkte — entwichen sind, ist eben in der Entweichung dieser gasförmigen Produkte begründet. Jedes entzündete Stück Holz wird zuerst an seiner Oberfläche zersetzt, und die Zersetzung desselben pflanzt sich, durch die nach und nach tiefer eindringende Wärme, von außen nach innen fort; während seine Oberfläche schon verkohlt ist, befindet sich sein Kern noch in einem mehr oder weniger unzersetzten Zustande. Diese an der Oberfläche gebildete Kohle kann aber nicht verbrennen, so lange der Kern noch brennbare Gase entwickelt, welche die poröse Kohle durchströmen und sie dadurch vor der Berührung mit atmosphärischer Luft beschützen. — Wird die Erhitzung des Holzes in einem abgesperrten, sauerstoffleeren Raume ausgeführt und zugleich dafür gesorgt, daß die flüchtigen Produkte entweichen können, mit anderen Worten also, wird das Holz einer trocknen Destillation unterworfen, so ist auch hier das endliche Resultat das Zurückbleiben eines Theils der im Holze befindlichen Kohle. Da die entweichenden Zersetzungs-Produkte bei dieser Art der Verkohlung nicht zur Verbrennung gelangen, so können dieselben aufgesammelt und näher untersucht werden. Die gasförmigen derselben bestehen hauptsächlich in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff (Grubengas); die flüssigen findet man in zwei Schichten abgesondert, in einer unteren, wässerigen, und einer oberen, öligen. Unter den in der wässerigen Flüssigkeit aufgelösten Verbindungen befindet sich Essigsäure in vorherrschender Quantität; die ölige Flüssigkeit, der sogenannte Theer, besteht aus einem Gemenge zahlreicher, zum Theil sehr merkwürdiger Stoffe, unter denen besonders Holzgeist (ein dem Alkohol ähnlicher Körper), Naphtalin, Paraffin, Kreosot, Brandöl und Brandharz genannt zu werden verdienen.

Produkte der Holzverkohlung.

Die procentische Menge der Holzkohle, welche durch eine der beiden erwähnten Verkohlungsarten, nämlich mit oder ohne Luftzutritt, erhalten wird, unterliegt großen Abweichungen. Welche jener Arten der Verkohlung man sich bedient, ist hierbei von keinem bedeutenden Einfluß; denn bei rich-

Procentisches Kohlenausbringen.

tiger Leitung des Processes kann durch eine Verkohlung unter Luftzutritt fast eben so viel Kohle gewonnen werden wie durch die trockne Destillation. Die Hauptursache jener Abweichungen liegt in der Zeitdauer der Verkohlung. Durch Karsten's interessante Versuche ist es dargelegt, welchen sehr erheblichen Einfluß die verhältnißmäßige Dauer des Verkohlungs-Processes auf das Kohlenausbringen ausübt. Diese Versuche haben gelehrt, daß man vermittelst einer bei schnell steigender Temperatur, also schnell zu Ende gebrachten Verkohlung nur etwa die Hälfte derjenigen procentischen Kohlenmenge erhält, welche bei langsamer Verkohlung gewonnen werden kann. Aus 100 Gwthl. jeder der folgenden vollkommen lufttrocknen Holzarten erhielt Karsten folgende Kohlenmengen:

Karsten's Versuche.

Tab. XIV.

	bei rascher Verkohlung. Proc. Kohle.	bei langsamer Verkohlung. Proc. Kohle.
Junges Eichenholz	16,54	25,60
Altes Eichenholz	15,91	25,71
Junges Rothbuchenholz (F. sylv.)	14,88	25,88
Altes Rothbuchenholz	14,15	26,15
Junges Weißbuchenholz (C. Bet.)	13,12	25,22
Altes Weißbuchenholz	13,65	26,45
Junges Erlenholz	14,45	25,65
Altes Erlenholz	15,30	25,65
Junges Birkenholz	13,05	25,05
Altes Birkenholz	12,20	24,70
Birkenholz, welches über 100 Jahre in einer Grube als Stempel gestanden und sich gut erhalten hatte	12,15	25,10
Junges Fichtenholz (P. picea)	14,25	25,25
Altes Fichtenholz	14,05	25,00
Junges Tannenholz (P. Abies)	16,23	27,73
Altes Tannenholz	15,35	24,75
Junges Kiefernholz (P. sylvest.)	15,52	26,07
Altes Kiefernholz	13,75	25,95
Lindenholz	13,30	24,60
Roggenstroh	13,40	24,60
Stroh von Farrenkraut	17,00	27,95
Rohrstengel	14,65	26,45

Der Grund dieses großen Unterschiedes in der relativen Menge der gewonnenen Kohle ist nicht schwer zu finden, wenn ein von Rumford ange-

nämlich, daß der größte Theil der Zersetzungs-Produkte bereits bei einer bis zu 150° C. steigenden Temperatur aus dem Holze entweicht, und daß hierbei ein kohleähnlicher (von Rumford für wirkliche Kohle angesehener) Körper zurückbleibt, von welchem Karsten später zeigte, daß er noch eine beträchtliche Quantität Wasserstoff und Sauerstoff enthalte. Die procentischen Mengen dieses kohleähnlichen Körpers, welche Rumford aus verschiedenen Holzarten erhielt, sind folgende:

Rumford's Versuche.

Eichenholz . . .	43,00	Proc.
Ulmenholz . . .	43,27	"
Ahornholz . . .	42,23	"
Tannenholz . . .	44,18	"
Lindenholz . . .	43,59	"
Pappelholz . . .	43,57	"

Wird dieser der Rothkohle (charbon roux) nahestehende Körper, welcher bei einer Temperatur von 150° C. keine Gewichtsveränderung mehr erleidet, allmälig stärker erhitzt, so entwickeln sich neue Quantitäten kohlenstoffhaltiger Zersetzungs-Produkte, und dieser Entwicklung wird erst durch Eintreten der Rothgluth ein Ziel gesetzt. Der größte Theil des Holzverkohlungs-Processes kann also schon durch eine allmälig bis zu 150° C. steigende Temperatur ausgeführt, die vollständige Beendigung desselben aber erst bei Rothglühhitze erreicht werden. In diesem wichtigen Satze liegt der Schlüssel zur Erklärung der bedeutenden Differenzen, welche zwischen der Kohlenausbeute einer langsamen und der einer raschen Verkohlung stattfinden. Es ist eine bekannte Thatsache, daß die chemischen Verwandtschaften der Stoffe in vielen Fällen durch eine erhöhte Temperatur gesteigert werden, und daß sich, in Folge davon, aus mehreren mit einander im Contakte befindlichen Stoffen bei höherer Temperatur andere Produkte bilden, als bei niederer. Bei einer langsamen Verkohlung findet nun der größte Theil der flüchtigen Zersetzungs-Produkte Gelegenheit, bei der verhältnißmäßig sehr niedrigen Temperatur von 150° C. zu entweichen, und führt auf diese Weise einen weit kleineren Theil der Kohle im gebundenen Zustande mit sich fort, als bei einer übereilten Verkohlung der Fall ist. Bei dieser geschieht die Bildung der Zersetzungs-Produkte zum großen Theile in so hoher Temperatur, daß dadurch stärkere Verwandtschaften erregt und größere Quantitäten Kohlenstoff von den flüchtigen Verbindungen aufgenommen und entführt werden.

Gute Holzverkohlung.

Die Anforderungen des Metallurgen an einen guten Verkohlungs-Proceß beschränken sich auf die Erzeugung einer gewissen Menge fehlerfreier Holzkohle bei möglichst geringem Kostenaufwande; die Ansammlung und Benutzung der flüchtigen Zersetzungs-Produkte liegt gänzlich außerhalb des Kreises metallurgischer Arbeiten, und sollte daher, wenn sich ein Hüttenwerk

gleichwohl damit abgiebt, stets nur als ein untergeordneter Zweck betrachtet werden, welcher die Erreichung wichtigerer Zwecke nicht beeinträchtigen darf.

Hauptarten d. Holzverk. im Großen.

Die im Vorigen erwähnten Arten der Holzverkohlung werden beide im Großen ausgeführt, und zwar mit mancherlei Modifikationen, durch welche jede dieser Hauptarten — **Verkohlung unter Zutritt der atmosphärischen Luft** und **Verkohlung unter Absperrung derselben** — wieder in mehrere Unterabtheilungen zerfällt.

1) Holzverkohlungs-Processe unter Zutritt der atmosphärischen Luft.

Allgemeine Vorbemerk.

Bedeckt man einen aus möglichst dicht an einander gelegten Scheiten aufgeschichteten Holzhaufen mit einer feuerfesten, porösen Hülle z. B. mit locker aufgestampfter Erde, und setzt denselben darauf an irgend einem Punkte in Brand, so wird, vorausgesetzt, daß jene Hülle den richtigen Grad der Porosität besitzt und dadurch sowohl der nöthigen atmosphärischen Luft den Eintritt als den entwickelten Gasen den Austritt gestattet, eine langsame Verbrennung eintreten. Das Feuer wird sich, wenn man es durch zweckmäßig angebrachte Zuglöcher leitet, von der angezündeten Stelle weiter und weiter verbreiten, bis es endlich den ganzen Haufen in Brand gesetzt und sämmtliches Holz in Kohle umgewandelt hat. Hemmt man zur Zeit, wo dieses der Fall ist, allen Luftwechsel durch Schließung der Zuglöcher und festeres Aufstampfen der Erddecke, so werden die Kohlen in dem sauerstoffleeren Raum erlöschen und nach und nach darin erkalten.

Da die verschiedenen Stellen des Holzhaufens bei der allmälig um sich greifenden Verbrennung zu verschiedenen Zeitpunkten in Brand gerathen, so scheint es eine unmittelbare Folge hiervon zu seyn, daß ein Theil des früher entzündeten Holzes zu Asche verbrannt seyn müsse, während das zuletzt entzündete noch im Brennen begriffen ist. Wenn die eindringende atmosphärische Luft während des ganzen Processes ihren Weg durch denjenigen Ort nähme, wo die erste Anzündung geschah, so wäre jener Uebelstand allerdings ein unvermeidlicher; denn alsdann würde die bereits gebildete, aber noch glühende Kohle der ferneren Einwirkung unzersetzter oder doch freien Sauerstoff haltender Luft und folglich der Einäscherung ausgesetzt seyn. Eine Hauptregel bei der Holzverkohlung ist es daher: **den Luftstrom so zu leiten, daß er so viel wie möglich nur mit dem in der Verkohlung begriffenen Holze, nicht aber mit dem bereits verkohlten in Berührung kommt.** Vollkommen läßt sich dies natürlich nie erreichen, und ein Theil der gebildeten Holzkohle muß daher bei jeder Verkohlung unter Luftzutritt geopfert werden. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß dieser Theil nur ein verhältnißmäßig geringer ist. — Der

langsamen und unvollständigen Verbrennung, welche innerhalb des bedeckten Haufens stattfindet, entgeht ein bedeutender Theil der flüchtigen, brennbaren Zersetzungs-Produkte. Dieselben werden in der Nachbarschaft der brennenden Zone aus dem Holze entwickelt, treten aber größtentheils mit keiner unzersetzten Luft in Berührung; und außerdem stellt sich ihrer Verbrennung ein anderes Hinderniß entgegen. Sowohl das aus dem Holze entweichende Wasser als die übrigen daraus entwickelten Stoffe binden, indem sie Gasgestalt annehmen, eine so beträchtliche Wärmemenge, daß sich die Temperatur des Holzes und der dazwischen befindlichen, überdies noch mit Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdampf gemischten Gase in nicht großer Entfernung von der brennenden Zone verhältnißmäßig niedrig erhält, und dadurch der Entzündung der letzteren Schranken setzt. Ein Theil derselben wird aber, so viel sich einsehen läßt, der Verbrennung unmöglich entgehen können.

Zufolge der eben gegebenen Erläuterungen dürfte es einleuchtend seyn, daß sich die Holzverkohlung unter Luftzutritt als eine trockne Destillation betrachten läßt, welche durch die Verbrennung eines Theiles des derselben unterworfenen Holzes bewerkstelligt wird. Beide Haupt-Verkohlungsarten im Großen, unter Zutritt und Abschluß der atmosphärischen Luft, stimmen also darin überein, daß sie in einer trocknen Destillation des Holzes bestehen, und weichen nur dadurch von einander ab, daß bei der ersteren der nöthige Brennstoff **aus dem der Destillation unterworfenen Holze selbst entnommen**, bei der anderen dagegen **als besonderes Brennmaterial angewendet wird.**

Einteilung.

Die Holzverkohlung unter Zutritt der atmosphärischen Luft wird entweder **unter beweglichen Decken** (in **Meilern** oder in **Haufen**) oder **unter unbeweglichen Decken** (in **Oefen** oder in **Gruben**) ausgeführt.

a. Holzverkohlung unter beweglichen Decken.

α. Meilerverkohlung.

Was ist ein Meiler?

Unter einem Meiler versteht man einen nach gewissen Regeln aufgeschichteten und mit einer Decke von Erde oder Kohlenlösche (Kohlenstaub, gewöhnlich mit mehr oder weniger Erde vermengt) versehenen, zur Verkohlung bestimmten Holzhaufen. Die äußere Gestalt eines Meilers nähert sich mehr oder weniger der Halbkugelform, oder kann vielmehr als ein in eine halbkugelförmige Wölbung auslaufender Conus betrachtet werden. Diese Gestalt ist nicht unmotivirt, sondern sie ist zweckmäßig 1) wegen der allseitigen Unterstützung, welche sie der lockeren Meilerdecke gewährt, 2) wegen der Leichtigkeit, mit welcher die regelmäßige Aufschichtung eines solchen Haufens bewerkstelligt werden kann, 3) wegen der vollkommnen Symmetrie, welche

dieselbe bei der Vertheilung der Holzstücke rings um die senkrechte centrale Axe des Meilers zuläßt, wodurch bewirkt wird, daß der am unteren Theile dieser Axe angezündete Meiler von hieraus gleichmäßig in der Verkohlung fortschreitet, 4) wegen des Umstandes, daß der größte Druck der Holzmasse gerade an der Stelle stattfindet, wo die Verkohlung gewöhnlich beginnt (nämlich im Mittelpunkte der Grundfläche), was zur Folge hat, daß die zuerst fertigen Holzkohlen an einander gepreßt und dadurch einer schädlichen Luft-Circulation mehr entzogen werden. — Die im Innern des Meilers stattfindende Anordnung des theils in Form von Scheiten, theils von Kloben angewendeten Holzes wird von ähnlichen Umständen bedingt wie die äußere Gestalt. Vor Allem kommt es darauf an, daß durch diese Anordnung dem rings um die centrale Axe gleichmäßigen Ausbreiten der Verkohlung keine Hindernisse entgegengestellt werden, so wie auch, daß die aufgeschichtete Holzmasse einen hinreichenden, sie vor dem Umsturze bewahrenden Zusammenhalt besitzt. Beides kann man auf zweierlei Art erreichen. Entweder nämlich stellt man die Scheite fast senkrecht, um einige Grade gegen die Axe des Meilers geneigt, oder man legt sie horizontal, in radialer Richtung von dieser Axe auslaufend. Meiler der ersten Art heißen stehende, die der anderen Art liegende Meiler. Jede dieser Arten der Anordnung gewährt gewisse, ihr eigenthümliche Vortheile, von denen später die Rede seyn wird.

Arten der Meiler.

Auswahl u. Verbereit. des Holzes.

Die am häufigsten zur Meilerverkohlung, wie überhaupt zu jeder anderen Verkohlungsart angewendeten Holzsorten sind, von Nadelhölzern: Kiefer, Tanne, Fichte und Lärche; von Laubhölzern: Eiche, Rothbuche, Weißbuche, Esche, Ulme, Erle und Birke. Das zur Verkohlung bestimmte Holz wird am zweckmäßigsten von Bäumen mittleren Alters genommen. Sowohl zu junges als zu altes Holz geben weniger gute — dichte und harte — Kohlen. Das richtige Alter zum Fällen der verschiedenen Holzgattungen ist von ihrer Lebensdauer und der Schnelligkeit ihres Wachsthums abhängig, wobei jedoch Clima und Bodenbeschaffenheit von modificirendem Einflusse sind. Im Allgemeinen läßt sich etwa Folgendes hierüber annehmen.

	Alter der vollkommensten Entwicklung.	Alter, in welchem die Fällung bereits geschehen kann.
Kiefer . . .	140 Jahr	80 — 100 Jahr.
Fichte . . .	150 »	70 — 80 »
Tanne . . .	80 — 100 »	60 »
Lärche . . .	80 — 90 »	50 »
Eiche . . .	200 — 250 »	50 — 60 »
Rothbuche / Weißbuche	120 — 140 »	120 »
Ulme . . .	80 »	20 — 30 »

	Alter der vollkommensten Entwicklung.	Alter, in welchem die Fällung bereits geschehen kann.
Eile . . .	— Jahr.	18 — 20 Jahr.
Birke . . .	40 »	20 »

Sehr häufig erlauben es die Umstände nicht, das Holz so lange stehen zu lassen, bis es seine vollkommenste Entwicklung erreicht hat, was einerseits auch nicht einmal vortheilhaft ist, da der Wachsthum desselben bei der Annährung dieser Entwicklungs-Periode weniger rasch vorwärts schreitet, als in einem jüngeren Alter. Die in der zweiten Rubrik angeführten Zahlen geben dasjenige Alter der verschiedenen Baumarten an, in welchem dieselben bei guter Forstwirthschaft gefällt zu werden pflegen. — Die zweckmäßigste Jahreszeit für die Holzfällung, wenigstens in Bezug auf die Köhlerei, ist der Winter. Zu dieser Zeit ist das Holz am saftärmsten, wird daher nach der Fällung am schnellsten lufttrocken, und ist nicht dem sogenannten Stocken — einer von der Einwirkung der Feuchtigkeit und Luft herrührenden Zersetzung der Holzmasse — ausgesetzt. — Weder sehr feuchtes, noch sehr trocknes, am wenigsten aber gestocktes oder angefaultes Holz darf zur Verkohlung genommen werden; halb lufttrocknes Holz giebt die dichtesten Kohlen. Ein aus sehr feuchtem Holze aufgesetzter Meiler ist schwer in Brand zu bringen, und es dauert sehr lange, bis die sich in demselben ausbreitende Gluth den noch nicht davon ergriffenen Theil des Holzes ausgetrocknet hat, was zu verschiedenen Uebelständen Veranlassung giebt. Gestocktes und angefaultes Holz, besonders das letztere, geben nur geringe Kohlenausbeute und überdies noch ein schlechtes Produkt. Durch den Proceß des Stockens und der Fäulniß wird nämlich das Holz eines Theiles seines Kohlenstoffs beraubt, welcher sich während jener Processe in Verbindung mit Sauerstoff, als Kohlensäure, daraus entwickelt. Endlich ist es auch nicht vortheilhaft, allzu trocknes, vollkommen dürres, Holz zu verkohlen, weil, wegen der großen Entzündlichkeit desselben, die Verkohlung zu rasch vorwärts schreitet und dadurch eine geringere Ausbeute giebt. Im Winter gefälltes und an einem luftigen Orte zweckmäßig aufgesetztes Holz erreicht bei günstiger Witterung schon im Laufe des folgenden Sommers denjenigen Grad der Trockenheit, welcher es zu einer vortheilhaften Verkohlung anwendbar macht. — Die zur Verkohlung bestimmten Kloben (Rundholz) müssen, wenn sie einen zu großen Durchmesser haben, gespalten werden. Man pflegt dies bei allen Kloben zu thun, welche mehr als 6 Zoll Dicke besitzen. Die gebräuchlichste Länge der Kloben und Scheite ist 3—4 Fuß; in einigen Gegenden wendet man 6—7 Fuß langes Holz an. Langes Holz, welches besonders zur Verkohlung in liegenden Meilern geeignet ist, gewährt den Vortheil, daß es beim Aufschichten weniger Zwischenräume verursacht, als kurzes.

Auswahl u. Vorbereitung d. Meilerstätte.

Der Platz, auf welchem eine Meilerverkohlung ausgeführt werden soll, die **Meilerstätte**, muß besonders folgenden Anforderungen genügen: 1) muß derselbe für die Herstellung des Meilers und alle mit der Verkohlung verbundene Arbeiten hinreichenden Raum gewähren, 2) darf er weder der Ueberschwemmung ausgesetzt seyn, noch den in der Gegend herrschenden Winden zu sehr offen liegen, 3) muß sich das zu einigen der Köhlerarbeiten erforderliche Wasser ohne zu große Kosten und Umstände herbeischaffen lassen, 4) darf der Boden dieses Platzes weder eine sehr feuchte, noch eine ganz trockne und lockere Beschaffenheit haben. Im ersteren Falle würden während des Brandes Wasserdämpfe aus dem Boden in den Meiler aufsteigen, und im zweiten Falle würde die zu poröse Grundlage eine zu bedeutende Zuströmung von Luft veranlassen, was beides sowohl das Kohlenausbringen als die Güte des Produktes beeinträchtigen würde. Die schädliche Einwirkung der Wasserdämpfe bei der Verkohlung äußert sich nicht allein durch Verzögerung des Processes, sondern auch dadurch, daß Wasserdämpfe, welche mit glühenden Kohlen in Berührung kommen (wie **Bunsen**, Poggend. Ann. Bd. 46, S. 207, gezeigt hat) zu Kohlensäure und Wasserstoff umgewandelt werden. — Die Lage der Meilerstätte in Bezug auf die des Hüttenwerkes und des Ortes der Holzgewinnung wird durch lokale Umstände bedingt; wo es die letzteren gestatten, sollte die Meilerstätte natürlich zwischen jenen beiden Punkten zu liegen kommen, und zwar, wegen des im Allgemeinen leichteren Transportes der Kohlen als des Holzes, so nahe als möglich dem Orte der Holzgewinnung. Da letztere aber zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Stellen stattfindet, so folgt hieraus, daß der Verkohlungsplatz solchenfalls keine feste Lage haben kann. Diese Art von Meilerstätten, mit denen man gewissermaßen dem Holzschlage nachgeht, heißen **veränderliche**, während man diejenigen, welche stets an derselben Stelle bleiben, **feste Meilerstätten** nennt. Findet sich in der Umgebung eines Hüttenwerkes ein für die Verkohlung passender Platz, nach welchem zugleich das Holz auf eine leichte Art — durch Flößen oder Rutschen — transportirt werden kann, so ist es vortheilhaft, hier eine feste Meilerstätte anzulegen. In Gegenden, wo der Fuhrlohn billig ist und wo man jeden Winter auf hinreichenden Schnee rechnen kann, läßt sich dieser Transport, wenn zum Flößen u. s. w. keine Gelegenheit vorhanden ist, allenfalls auch auf Schlitten ausführen. Allerdings wird derselbe dadurch kostbarer, aber das Holz entgeht dabei auch den unvermeidlichen Nachtheilen des Flößens, welche nicht bloß in dem Naßwerden des Holzes, sondern auch darin bestehen, daß geflößtes Holz, selbst wenn es später lufttrocken wurde, stets eine geringere Menge und weniger gute Kohlen liefert, als ungeflößtes. Die Vortheile einer festen Meilerstätte bestehen besonders in den vollkommneren Veranstaltungen, welche sich ein für allemal in der Anlage derselben treffen lassen, und wenn dieselbe dem

Arten der Meilerstätten.

Hüttenwerke hinreichend nahe liegt, zugleich auch in der schärferen Beaufsichtigung des Köhlerpersonals.

1) Feste Meilerstätte.

Eine feste Meilerstätte pflegt man auf die Art herzustellen, daß man die horizontale kreisrunde Fläche, auf welcher der Meiler stehen soll, mit guter Ziegelmauerung bedeckt, entweder so, daß dieselbe vom Centrum nach der Peripherie hin etwas abschlüssig geht, oder auch umgekehrt, daß sie sich nach dem Centrum etwas vertieft. In letzterem Falle wird in der Mitte ein kurzer, senkrecht niedergehender Kanal angelegt, der durch einen anderen, schräg liegenden Kanal in ein zur Seite des Meilers angebrachtes unterirdisches Reservoir ausmündet. Alle diese Räume müssen ebenfalls in gute Mauerung gesetzt werden. In jenem Reservoir sammelt sich während der Verkohlung ein Theil der condensablen Zersetzungs-Produkte an. Der kurze senkrechte Kanal in der Mitte der Meilerstätte wird mit einer eisernen Platte lose bedeckt, welche zwar das Einfließen des Theers u. s. w. gestattet, aber das Hineinfallen der Kohlen verhindert. Damit durch die an der Erdoberfläche ausmündende Oeffnung des Reservoirs keine Luft in den Meiler eindringt, muß dieselbe während der Verkohlung in hermetischem Verschlusse gehalten werden. Erst nach der völligen Beendigung des Verkohlungs-Processes, am besten, wenn bereits alle Kohlen weggeräumt sind, darf das Ausschöpfen der condensirten Flüssigkeiten vorgenommen werden. Eine auf diese Weise vorgerichtete Meilerstätte findet man abgebildet in Karsten's Syst. d. Met. Fig. 296 und 297. — Eine für feste Meilerstätten passende Construktion anderer Art ist von Brune (Ann. des arts, V. 249) beschrieben und bei mehreren Hüttenwerken in Ausführung gebracht worden. Da bei derselben hauptsächlich eine besondere Art der Anzündung des Meilers bezweckt wird, so wird später von derselben die Rede seyn.

2) Veränderl. Meilerstätte.

Zur Anlegung einer veränderlichen Meilerstätte ist, nach dem Aussuchen eines zweckmäßigen Platzes für dieselbe, weiter nichts erforderlich, als diesen Platz zu ebenen und von Rasen, Baumwurzeln u. s. w. zu befreien. Auch pflegt man ihn, um das Abfließen der condensirten Flüssigkeiten zu befördern, nach der Mitte hin ein wenig ansteigend zu machen. War man genöthigt, einen sehr feuchten oder gar sumpfigen Boden zu wählen, so muß ein Rost gelegt, d. h. eine Unterlage von Holz gemacht werden, welche 1 Fuß hoch mit Erde oder Kohlenlösche bedeckt wird. Bei feuchtem Grunde genügt eine Unterlage von Reisig, bei sumpfigem aber ist man genöthigt, eine Lage Baumstämme anzuwenden. Sehr dürrer sandiger Boden kann durch Einfüllen und Untermischen von guter Erde, Thon u. s. w. brauchbar gemacht werden. — Eine früher schon benutzte Meilerstätte, welche wieder in Gebrauch genommen werden soll, muß zuvor auf ihre Trockenheit untersucht werden. Findet man sie, was namentlich ein Stück unter der Oberfläche der Fall zu seyn pflegt, zu feucht, so muß ein Theil des Grundes weggefüllt

weggefüllt und durch Kohlenlösche, welche in diesem Falle von der früheren Verkohlung her vorhanden ist, ersetzt werden.

Richten d. Meilers.

Nach der Herstellung der Meilerstätte beginnt das Richten des Meilers, d. h. das regelmäßige Aufschichten der Scheite und Kloben. Je nachdem man sich der stehenden oder liegenden Meiler bedient, geschieht dies auf verschiedene Weise. Zuerst möge hier das Richten eines Meilers der gewöhnlichsten Art, nämlich eines stehenden, und zwar eines sogenannten »wälschen« Meilers beschrieben werden. Nahe um den Mittelpunkt der Meilerstätte werden drei unten zugespitzte Stäbe von mehreren Zollen Dicke so in den Boden eingetrieben, daß jeder derselben von den beiden übrigen gleich weit (etwa 1 Fuß) entfernt ist, und daß sie bis zu einer etwas größeren Höhe aus dem Erdboden hervorragen, als der Meiler erhalten soll. Durch einige zwischen ihnen angebrachte Holzspreizen verhindert man, daß sie von dem später an sie gelehnten Holze zusammengebogen werden. Diese Vorrichtung, welche die centrale Axe des Meilers repräsentirt, heißt der Quandel, und die sie bildenden Stäbe Quandelstäbe. Im unteren Theile des durch die Quandelstäbe eingefaßten, schachtartigen Raumes häuft man leicht brennbare Materialien auf, wie Kiehn, stark getrocknetes Spahnholz u. s. w., durch deren Anzündung der Meiler später in Brand gesetzt wird. Um das schnelle Ausbreiten des Feuers zu befördern, bringt man auch rings um den Fuß des Quandels leicht brennbares Material an, wozu man vorzüglich die Brände von der vorigen Verkohlung wählt d. h. unvollkommen verkohltes, zum Theil selbst nur braun gedörrtes Holz. Das Aufstellen der Scheite und Kloben geschieht in concentrischen Kreisen rings um den Quandel, so daß sämmtliche Holzstücke sich gegen den letzteren neigen, und dadurch einen festen Stand erhalten. Je weiter man sich bei diesem Aufstellen von dem Quandel entfernt, also der Peripherie des Meilers näher rückt, desto mehr Neigung giebt man den Holzstücken. Dies geschieht, weil der Meiler sonst an dem unteren Theile seiner Peripherie zu steil werden und die Decke folglich schwer darauf fest zu halten seyn würde. Bei den meisten Meilern wird über dieser unteren Scheitschicht noch eine zweite von derselben Art angebracht, auf welche man dann die Haube setzt, nämlich den oberen kuppelförmigen Theil des Meilers, welcher aus horizontal liegenden Scheiten (auch Ast- und Knüppelholz) besteht, die radial von dem Quandel auslaufen.

1) Richten eines wälschen steh. Meilers.

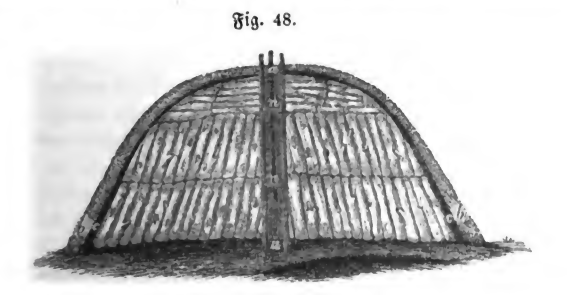
Allgemeine Regeln.

Bei dem Richten eines stehenden Meilers sind besonders folgende Regeln nicht außer Acht zu lassen. 1) Das Holz muß, um zu starke Luftcirkulation und daraus folgenden Kohlenverbrand zu verhüten, so dicht wie möglich gesetzt werden. Da sich dies, bei den zuweilen sehr unregelmäßigen Formen der Scheite und Kloben, durch bloßes Aneinanderrücken derselben nicht erreichen läßt, so ist man genöthigt, die Zwischenräume mit kleineren

Holzstücken — Astholz und dergleichen — möglichst gut auszufüllen (auszuschmalten). Wie leicht einzusehen, wird die Dichtigkeit des Meilers durch steiles Aufstellen der Scheite befördert; den zu steilen Stand derselben verbietet jedoch die Rücksicht, welche man auf das Festliegen der Decke zu nehmen hat. Je schlechteres — weniger gut zusammenhaftendes — Material man genöthigt ist zur Decke anzuwenden, desto weniger steil darf der Meiler gesetzt werden. Die vollkommenste Dichte eines Meilers läßt sich durch ein zuerst von Bull angewendetes Verfahren erreichen, welches darin besteht, die Zwischenräume mit Kohlenstaub auszufüllen. Nach den bis jetzt hierüber angestellten Versuchen wird das Kohlenausbringen hierdurch nicht unbeträchtlich vermehrt, und zugleich eine dichtere Kohle erhalten. 2) Die dicksten und unförmlichsten Kloben, welche sich wegen ihrer ästigen Beschaffenheit nicht gut spalten lassen, so wie auch Wurzelstücke, müssen stets dem Quandel zunächst gesetzt werden, weil dieser Theil des Meilers am längsten im Brande steht und daher das hier befindliche Holz am längsten der Hitzeinwirkung ausgesetzt ist. 3) Beim Aufsetzen einer oberen Scheitschicht über eine untere ist viel Sorgfalt auf das gute Aneinanderpassen der Scheitenden zu verwenden. Sehr leicht entstehen hier, im sogenannten Saume des Meilers, zu große Zwischenräume. Da sich aber dieser Uebelstand niemals ganz vermeiden läßt, so kehrt man wenigstens alle dicken Scheit- und Kloben-Enden diesem Saume zu, also in der unteren Schicht nach oben und in der oberen nach unten. 4) Die Rindenseite der Scheite wird stets nach außen, die Kernseite also nach innen — dem Quandel zu — gekehrt. Da die letztere die leichter brennbare ist, so befördert man dadurch die Ausbreitung des Feuers; zugleich wird aber auch eine größere Dichtigkeit des Meilers erreicht.

Ein wälscher stehender Meiler ist in der folgenden Figur im senkrechten, durch den Quandelschacht gehenden Durchschnitt dargestellt.

Fig. 48.



a, *a*, der durch die drei Quandelstangen gebildete Quandelschacht. Die Quandelstangen werden durch die Holzspreizen *n*, *n* aus einander gehalten.

Fig. 49

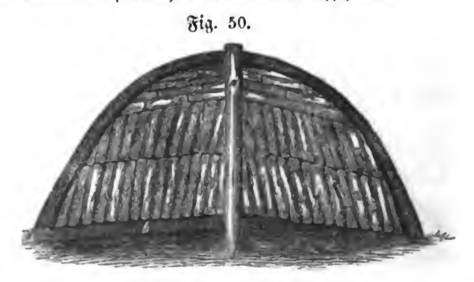


Der hier abgebildete Meiler ist ein zweischichtiger — ein Meiler von zwei Etagen — d. h. er besteht aus zwei Schichten stehender Holzscheite und der Haube. Kleine Meiler enthalten nur eine solche Schicht, über welche unmittelbar die Haube gelegt wird. Die größten Meiler haben drei Etagen. Der in der Zeichnung bereits angedeuteten Decke des Meilers, *b*, *c*, wird weiter unten gedacht werden.

2) Richten eines slavischen steh. Meilers.

Ein stehender Meiler anderer Art ist der sogenannte »slavische« Meiler. Das Richten desselben, welches durchaus nach den zuvor aufgestellten allgemeinen Regeln ausgeführt wird, geschieht nicht rings um einen Quandelschaft, sondern um einen Quandelpfahl. Da auf diese Weise das Anzünden des Meilers durch keinen senkrechten Kanal vor sich gehen kann, so wird unmittelbar am Fuße desselben ein von der Peripherie nach dem Quandel hinlaufender horizontaler Kanal — die Zündgasse — angebracht. Die Mündung dieser Zündgasse muß an der, den herrschenden Winden am wenigsten ausgesetzten Seite des Meilers zu liegen kommen. Fig. 50 zeigt einen solchen Meiler im senkrechten Central-Durchschnitte.

Fig. 50.

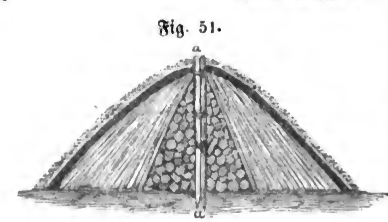


a, die Quandelstange; *b*, die Zündgasse, welche man entweder in dem Boden der Meilerstätte oder in dem Meiler selbst anbringen kann. Im letzteren, gewöhnlicheren Falle muß das unmittelbar über ihr befindliche Scheitholz, um so viel als die Höhe der Zündgasse beträgt, kürzer gehauen seyn, als das übrige. In beiden Fällen hält man beim Richten des Meilers den inneren Raum der Zündgasse durch Einlegen eines etwa 6 Zoll starken Holzstückes frei, welches man, unter dem fortschreitenden Richten, nach und nach hervorzieht. Ein Nachstürzen der Scheite ist hierbei, wenn die gehörige Vorsicht angewendet wird, nicht zu befürchten, weil dieselben in einem dicht gesetzten Meiler durch den Seitendruck festgehalten werden.

α) Richten eines Schwarten-Meilers.

Eine dritte Art der stehenden Meiler machen die »Schwarten-Meiler« aus. Sie sind besonders in holzreichen Gegenden gebräuchlich, wo viel Bauholz geschnitten wird, wie dies unter anderen in Norwegen der Fall ist. Bei dem Schneiden der Stöcke (Zersägen der Baumstämme) zu Balken, Planken und Brettern erhält man von jedem Stocke vier oder zwei Schwarten d. h. dünne, unregelmäßig geformte Bretter, welche nur e i n e größere ebene Fläche besitzen, auf der entgegengesetzten Seite aber von der Rindenseite des Baumes begrenzt werden. Zugleich sind dieselben an ihrem unteren — dem Wurzelstücke des Baumes näher gelegenen — Ende dicker und breiter, als an ihrem oberen. Ihre Länge ist sehr verschieden, 12—20 Fuß und darüber. Ein großer Theil dieser Schwarten wird in Norwegen zur Verkohlung angewendet. Bei dem Richten eines Schwarten-Meilers verfährt man hier folgendermaßen. Aus drei der größten und stärksten Schwarten bildet man einen Quandelschacht, um welchen man zunächst einen Theil der zur raschen Entzündung des Meilers nothwendigen leicht brennbaren Stoffe anbringt und alsdann einen kegelförmig aufgeschichteten Haufen von verschiedenen größeren Holzabfällen, untermengt mit einem anderen Theile leicht brennbarer Stoffe, herumsetzt. Jene größeren Holzabfälle pflegen hauptsächlich in sogenannten Säge- oder Stock-Köpfen zu bestehen, wie man die auf der Sägemühle abgeschnittenen, durch den Transport beschädigten Endstücken der gefällten Bäume nennt. Der daraus aufgeschichtete konische Haufen bildet den Kern des Meilers, an welchen die Schwarten gelehnt werden, und zwar auf die Weise, daß ihre dicken und breiten Enden nach unten gekehrt sind. Zugleich wird jede Schwarte so gestellt, daß sie eine ihrer langen scharfen Kanten gegen den Quandel wendet. Die ebenen Flächen der Schwarten liegen also alle radial um den Quandelschacht. Durch diese Art der Aufstellung erreicht man, wie sich leicht ergiebt, 1) eine nicht zu steile Dossirung des Meilers, 2) die größtmögliche Dichtigkeit desselben, und 3) eine schnelle Ausbreitung des Feuers. In der Fig. 51 ist ein solcher Meiler skizzirt.

Fig. 51.



a, a, der aus drei Schwarten gebildete Quandelschaft, mit den kegelförmig darum aufgehäuften Holzabfällen. Die Schwarten erhalten natürlich, durch ihre Größe, Dicke und Breite am Fußende, eine desto weniger steile Stellung, je weiter sie vom Quandel entfernt sind.

4) Richten eines liegenden Meilers.

Das Richten eines **liegenden** Meilers beginnt ebenfalls mit dem Aufstellen des Quandels — des Quandelpfahles oder Quandelschachtes —, worauf das Aufschichten der Scheite und Kloben folgt. Dies geschieht am zweckmäßigsten in der Art, daß man zunächst um den Quandel einen konischen Kern von stehenden Scheiten errichtet, gewissermaßen einen schmalen stehenden Meiler, rings um welchen dann die Holzscheite, in zwei bis drei hinter einander folgenden kreisförmigen Reihen in horizontaler Lage über einander aufgeschichtet werden. Hierdurch erhält der Meiler, trotz der gleichen Länge aller dazu verwendeten Holzscheite, die erforderliche Dossirung, welche bei einem liegenden Meiler geringer seyn kann, als bei einem stehenden, indem das aufgeschichtete Holz bei ersterem treppenartige Absätze bildet, die das feste Aufliegen der Decke sehr begünstigen. Hierin besteht ein Vorzug der liegenden Meiler vor den stehenden, welcher aber dadurch aufgewogen wird, daß es, wegen der radialen — also divergirenden — Lage der Scheite in einem liegenden Meiler schwieriger ist, ihn so dicht herzustellen, wie einen stehenden. Ueberdies wird auch durch jene Lage das Einströmen der Luft durch die Decke nach dem Quandel hin allzu sehr begünstigt, indem die zwischen den Scheiten befindlichen, unvermeidlichen Lücken wie horizontale Zugkanäle wirken. Ferner veranlaßt die Anordnung des Holzes in einem liegenden Meiler nicht selten ein ungleichmäßiges Ausbreiten des Feuers vom Quandel nach der Peripherie. Sobald sich nämlich zufällig einige leichter entzündliche Scheite im Meiler befinden, läuft das Feuer an diesen hin und bringt die Verkohlung hier der Decke näher, als an anderen Punkten. Einer der größten Nachtheile der liegenden Meiler besteht endlich in ihrem Undichtwerden unter der fortschreitenden Verkohlung. Durch das bedeutende Schwinden des Holzes in der Länge — ein lufttrocknes Holzscheit büßt, nach **Beschoren**, bei seiner Umwandlung in Kohle ungefähr 10 — 12 Proc. von seiner ursprünglichen Länge ein — müssen nothwendigerweise zwischen den Enden der anfangs dicht an einander gestoßenen Scheite Zwischenräume entstehen, welche nicht, wie es bei einem stehenden Meiler der Fall ist, durch den Druck der Holz- und Kohlenmasse wieder ausgefüllt werden. Im Allgemeinen verdienen daher die stehenden

Vortheile und Nachth. d. lieg. Meiler.

Meiler in mehr als einer Hinsicht den Vorzug vor den liegenden. — Giebt man einem liegenden Meiler nicht einen solchen aus stehenden Scheiten gebildeten Kern, so ist man genöthigt, damit der Meiler eine gewölbt konische Gestalt erhalte, Scheite und Kloben von verschiedener Länge anzuwenden, was in der Regel nicht ohne besonderen Kostenaufwand geschehen kann. — Die allgemeinen Regeln, welche für das Richten eines stehenden Meilers gegeben wurden, lassen sich leicht in Bezug auf das eines liegenden modificiren.

Größe der Meiler

Bei der Beschreibung des Richtens wurde nicht auf die Dimensionen der Meiler Rücksicht genommen, weil diese theils der Willkür überlassen sind, theils von lokalen Umständen bedingt werden. Es giebt Meiler, deren Durchmesser n ch nicht 10 Fuß beträgt, während derselbe bei anderen 48—50 Fuß und darüber mißt. Meiler von 20 — 30 Fuß Durchmesser sind die gewöhnlichsten. Die Höhe, welche man den Meilern giebt, liegt zwischen der Hälfte und dem Drittel des Meiler-Durchmessers (am Fuße gemessen). — Daß bei sehr kleinen Meilern ein verhältnißmäßig beträchtlicherer Kohlenverbrand entstehen muß, als bei großen, ist einleuchtend. Schwieriger ist es dagegen einzusehen, warum sehr große Meiler, von 40 — 50 Fuß Durchmesser, in dieser Hinsicht **bedeutend** vortheilhafter als große von etwa 30 Fuß Durchmesser, seyn sollten.

Decken und Rüsten eines Mlrs.

Das Auflegen der Decke auf den gerichteten und geschlichteten*) Meiler geschieht nicht sogleich vollständig, sondern der Fuß des Meilers muß hierbei, aus einem später anzugebenden Grunde, bis zu einer Höhe von etwa 6—12 Zoll, zuweilen auch noch höher, für's Erste unbedeckt bleiben. Die hierzu nöthige Vorrichtung heißt die **Rüstung** oder **Unterrüstung**. Man kann sie in verschiedener Art herstellen; am einfachsten auf die Weise, daß man rings um den Fuß des Meilers, in passenden Abständen von einander, kleine, von Steinen errichtete Pfeiler an das Holz lehnt, und diese oben durch quer übergelegte Holzscheite verbindet. Der so gebildete Kranz von Holzscheiten dient der Decke zu einer sichern Unterlage. Statt der steinernen Pfeiler bedient man sich auch aufgerichteter Holzstücke. Bei Schwarten-Meilern nimmt man kurze, unten zugespitzte Schwartenstücke, welche

Unterrüstung.

*) Unter **Schlichten** des Meilers versteht man das Ausebnen seiner Oberfläche, welches durch Einlegen von dünnen Holzstücken — gespaltenem Holze u. s. w. — in die zunächst der Oberfläche zwischen den Scheiten befindlichen Vertiefungen geschieht, theils um der Decke eine bessere Unterlage zu geben, theils um leere Räume unmittelbar unter derselben möglichst zu verhüten. Das Schlichten ist als keine besondere Operation, sondern nur als eine Fortsetzung des inneren Dichtmachens — des sogenannten **Ausschmaltens** — zu betrachten. —

man in den Erdboden eintreibt, und legt andere Schwartenstücke quer darüber. Die stehenden Schwartenstücke müssen, um den darauf liegenden horizontalen eine feste Unterlage zu verschaffen, natürlich mit ihrer ebenen Fläche senkrecht auf der Peripherie des Meilers stehen, also dieselbe Stellung haben, wie die Schwarten im Innern des Meilers. Bei vielen Scheitmeilern bedient man sich der sogenannten »Holzgabeln« zur Unterrüstung, nämlich Stücke starken Astholzes, welche an einem Ende zweitheilig gegabelt sind. Das einfache, zugespitzte Ende solcher Gabeln wird in den Erdboden eingetrieben, und in die Gabelöffnungen legt man rings um den Meiler einen Kranz von dünnen Zweigen. Auch unterhalb dieses Kranzes pflegt man ein loses Flechtwerk von Zweigen anzubringen. Bei festen Meilerstätten wendet man, statt der hölzernen Stützen, mit Vortheil gußeiserne an. Kleine Meiler erhalten zuweilen keine andere Rüstung, als daß man rings um den Fuß des Meilers und unmittelbar daran einen Kranz von Holzscheiten legt, jedoch so, daß zwischen je zwei benachbarten Scheiten ein mehrere Zoll langer Zwischenraum bleibt, den man durch Anbringung einiger Zweige oder dergleichen während des Auflegens der Decke offen erhält. — Das Decken des Meilers wird entweder von der Unterrüstung aufwärts vorgenommen, oder man bedeckt erst die Haube und dann den übrigen Theil auf erwähnte Weise. Jede Meilerdecke besteht aus zwei verschiedenen Lagen, einer unteren und einer oberen. Das Auftragen der unteren Lage wird in einigen Gegenden Deutschlands die Vergräsung des Meilers genannt, weil man hierzu am besten ausgestochene Rasenstücke anwendet, welche man so auflegt, daß ihre Grasseite nach Innen gekehrt ist. Hat man keinen Rasen, so muß man sich mit einer Unterdecke von Laub, Reisig, Moos, Schilf oder dergleichen zu helfen suchen. Diese untere oder grüne Decke, deren Stärke 3 — 5 Zoll zu betragen pflegt, soll hauptsächlich dazu dienen, der oberen — Erd- oder Lösch- — Decke eine gute Unterlage zu geben und das Eindringen der losen Erde oder Lösche in das Innere des Meilers zu verhindern. Auf die Vergräsung des Meilers folgt die Schwärzung oder Bewerfung desselben, d. h. das Auftragen der oberen Decke. Eine mit mehr oder weniger guter Erde (Dammerde) gemengte Kohlenlösche eignet sich hierzu am besten; bei veränderlichen Meilerstätten muß man jedoch häufig mit schlechterem Materiale, wie Erde und Sand, vorlieb nehmen. Sehr fette thonhaltige Erde schwindet zu sehr bei der Erwärmung, was zu Rissen in der Decke Veranlassung giebt; sie muß daher mit magerem Materiale vermischt werden. Die zur Decke bestimmte, angefeuchtete Masse wird an den steilen Seiten des Meilers nicht fester aufgetragen, als es die Haltbarkeit der Decke hier erfordert; an dem unmittelbar unter der Haube gelegenen Saume — der Grenze zwischen der Haube und obersten Scheit-

Vergräsung.

Schwärzung.

schicht*) — wird dieselbe nur ganz locker und nicht viel über 3 Zoll dick gemacht. Die Haube selbst dagegen erhält eine stärkere und dicht geschlagene Erddecke. Dies ist deswegen nothwendig, weil am oberen Theile des Meilers die Hitzwirkung am größten und, in Folge davon, das Feuer geneigt ist hier durchzubrechen, dadurch also zu starken Luftzug und Kohlenverbrand zu verursachen. Der rings um den Saum laufende lockere Erdrand soll einem Theile der entwickelten Gase einen nicht zu schwierigen Abzug gestatten. An der Windseite — der Seite, von welcher der in der Gegend herrschende Wind herkommt — muß die Decke sowohl stärker als dichter aufgetragen werden. — Bei größeren, steil n Meilern bringt man während des Deckens gewöhnlich noch eine zweite Rüstung, die **Oberrüstung**, an, welche auf ganz ähnliche Weise wie die Unterrüstung hergestellt wird, und einige Fuße über dieser zu liegen kommt. Die Oberrüstung hat nur den Zweck, die Decke durch Unterstützung haltbarer zu machen.

Oberrüstung.

Das Aeußere eines bis zum Kranze bedeckten, mit Ober- und Unterrüstung versehenen slavischen, stehenden Meilers zeigt die folgende Figur.

Fig. 52.



a, der über dem Meiler hervorragende Theil des Quandels; *b*, die Mündung der Zündgasse; *c*, die Unterrüstung; *d*, die Oberrüstung. Der durch den Kranz der Unterrüstung von der Decke freigehaltene Meilerfuß ist hier mit Reisig umflochten. Einige Zeit nach dem Anzünden wird diese Einfassung locker mit Erde oder Lösche beworfen**)

*) Die Grenze zwischen der oberen und nnteren Scheitschicht eines Meilers von 2 Etagen wird gewöhnlich **Brust** genannt, zum Unterschiede von dem höher liegenden **Saume**.

**) Bei dieser Zeichnung sowohl, als bei einigen der übrigen Holzschnitte konnten, um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen, nicht alle Theile in dem richtigen Maßstabe dargestellt werden.

Windschirme. War man genöthigt, den Meiler an einer Stelle zu richten, welche dem Winde sehr ausgesetzt ist, so muß man ihn, besonders wenn die Verkohlung in einer stürmischen Jahreszeit vorgenommen wird, mit **Windschirmen** oder **Windschauern** versehen. Diese bestehen entweder aus einem Flechtwerk von Reisig oder Schilf, oder sie werden aus Stangen und Schwarten, Brettern u. s. w. zusammengenagelt. Man bildet auf diese Art leicht transportable Wände von einigen Fußen Breite und von der Höhe des Meilers, welche an der Windseite, oder auch rings herum, entweder unmittelbar gegen die Meilerdecke selbst oder, einige Fuße davon entfernt, an eingetriebene Pfahlstangen gelehnt werden, so daß sie letzterenfalls eine freistehende Wand bilden. Umfaßt dieselbe den ganzen Meiler, so befindet sich an der dem Winde am wenigsten ausgesetzten Seite eine Thüröffnung darin.

Anstecken d. Meilers. Die passendste Zeit zum **Anstecken** oder Anzünden eines Meilers ist der frühe Morgen. Der Köhler hat alsdann die helle Tageszeit vor sich, welche die Ausführung der mancherlei Geschäfte begünstigt, die, besonders beim Eintreten eines oder des anderen Unfalles, anfänglich seine ganze Thätigkeit in Anspruch nehmen können. Bei stürmischer Witterung sollte das Anstecken nie vorgenommen werden, weil diese gerade in der ersten Periode des Brandes, während welcher der Fuß des Meilers noch unbedeckt oder doch nur leicht bedeckt ist, am schädlichsten wirkt. Wie bereits früher erwähnt, geschieht das Einbringen des Zündfeuers entweder von oben durch den Quandelschacht, oder von unten durch die Zündgasse. Ersteres ist der Fall bei einem wälschen, letzteres bei einem slavischen Meiler.

1) A. eines Mlrs. durch d. Quandelschacht. Erste Art. Die erstere Art des Ansteckens bewirkt man durch Einschütteln einer Schicht glühender Kohlen in den Quandelschacht, welche darauf mit einer Schicht todter Kohlen bedeckt werden. Sind auch diese in Brand gerathen, so füllt man gewöhnlich sogleich den ganzen Quandelschacht mit Kohlen aus, und zwar so hoch, daß dieselben in einem kleinen Haufen über seiner Mündung hervorragen. Diesen Haufen, in einigen Gegenden der »König« genannt, bedeckt man später mit angefeuchteter Lösche. An manchen Orten ist es gebräuchlich, die — in zwei verschiedenen Höhen angebrachten — Spreizen im Quandelschachte von der Art zu machen, daß sie das Durchfallen der eingeschütteten Kohlen auf den Schachtboden verhindern. Die Kohlen bleiben daher auf der oberen Spreize liegen und zünden den Meiler zuerst an der Haube an. Erst nach dem Verbrennen jener Spreize fällt die Gluth auf die untere, und wenn auch diese zerstört ist, auf den Boden des Quandelschachtes. Der Meiler wird hierdurch also, in drei auf einander folgenden Zeiträumen, zuerst an der Haube (beim Saume), dann an der Brust und zuletzt am Fuße in Brand gesetzt. Bei anderen Meilern geschieht das Anzünden ausschließlich an der Haube. Bei diesen geht der Quandelschacht nur etwa bis zu dem

Zweite Art.

Dritte Art.

dicht unter der Haube befindlichen Saume nieder; der darunter befindliche Theil des Meilers, die Etagen, sind um eine Quandelstange gerichtet. Das Feuer muß sich in einem so beschaffenen Meiler von oben nach unten verbreiten, während es bei den übrigen die umgekehrte Richtung nimmt. — Jede dieser Arten des Anzündens ist mit ihr eigenthümlichen Vortheilen und Nachtheilen verbunden. Durch das Anzünden am Fuße wird die schnellste Ausbreitung des Feuers und, in Folge davon, das baldigste Austrocknen des noch nicht in Brand gerathenen Holzes bewirkt. Da die zuerst fertigen Kohlen aber gerade da gebildet werden, wo der Druck der Holzmasse am stärksten ist, so giebt dies zur Entstehung der sogenannten »Quandelkohlen« (zu kleinen Stücken zerdrückte Kohlen) Veranlassung. Diese Kohlen sind häufig nicht bloß wegen ihrer Kleinheit, sondern auch wegen ihrer geringeren Dichtigkeit zu manchen metallurgischen Zwecken untauglich. Letzterer Nachtheil entsteht dadurch, daß es sehr schwierig ist, die am Fuße des Quandelschachtes bereits gutgebrannten Kohlen während der langen Dauer des Verkohlungs-Processes ganz vor der ferneren Einwirkung unzersetzter Luft zu beschützen. Beim Anzünden des Meilers am Kopfe (an der Haube) entgeht man, wie leicht einzusehen, beiden erwähnten Nachtheilen, aber man muß auch auf das schnelle Ausbreiten des Feuers und eine beschleunigte Austrocknung des Holzes Verzicht leisten. Das Anzünden in drei auf einander folgenden Zeiträumen, am Kopfe, an der Brust und am Fuße, steht hinsichtlich seiner Vortheile und Nachtheile etwa in der Mitte zwischen den beiden anderen Arten des Ansteckens.

Vergleichung d. drei Arten d. Anzündens.

Zum Anstecken eines slavischen Meilers dient »die Zündruthe« oder »Zündstange«, eine Stange von etwas größerer Länge als der Halbmesser des Meilers. Sie wird an einem Ende mehrfach gespalten, um leicht brennbare Stoffe, wie fetter Kiehn u. s. w., daran befestigen zu können, welche man anzündet. Darauf schiebt man sie mit dem brennenden Ende durch die Zündgasse bis an den Quandel, und läßt sie so lange in dieser Lage, bis der Meiler Feuer gefangen hat. Die Zündgasse wird alsdann mit einigen Holzscheiten gefüllt und ihre Mündung mit Erde oder Lösche, für's Erste jedoch nur lose, beworfen.

2) Anzünden eines Mlrs. durch d. Zündgasse.

Die schon früher (s. Arten der Meilerstätten) erwähnte Art des Ansteckens nach **Brune**, welche eine besondere, nur bei festen Meilerstätten ausführbare Vorrichtung erfordert, ist folgende. Der Boden der Meilerstätte wird aus gußeisernen Platten oder starken Eisenblechen gebildet, welche auf ein ringförmig gemauertes Fundament, vom Durchmesser des Meilers, gelegt werden. Bei Anwendung von Eisenblechen muß für die gehörige Unterstützung derselben, durch horizontal gelegte eiserne Stangen, gesorgt seyn, damit sie den Meiler tragen können. Die Höhe jener unter der Erdoberfläche befindlichen ringförmigen Mauer und des von ihr umfaßten cylindri-

3) Brune's Methode d. Anzündens.

schen Raumes beträgt 12 Zoll. Die ganze Vorrichtung läßt sich also im Wesentlichen als eine hohl liegende, kreisrunde Eisenscheibe betrachten, auf welcher der Meiler gerichtet wird. Ist derselbe zum Anstecken fertig, so bringt man trockne Holzabfälle in den unterirdischen Raum, was vermittelst dreier aus demselben zu Tage ausmündender und in gleichen Abständen von einander befindlicher Kanäle leicht bewerkstelligt wird. Diese Kanäle haben zugleich den Zweck, den angezündeten Holzabfällen den zum Brennen nöthigen Luftwechsel zu verschaffen. Durch theilweises Verschließen der Kanäle kann der Luftwechsel erforderlichen Falles vermindert und in seiner Richtung verändert werden; sobald der Meiler durch die glühend gemachte Eisenscheibe in Brand gerathen ist, werden dieselben ganz geschlossen. Nach Karsten ist es nicht nothwendig, dem Eisenboden die Größe der Meilerstätte zu geben; das Anstecken gelingt eben so gut, wenn er bedeutend kleiner ist. Dies ist neuerlich durch Versuche von Ebelmen bestätigt worden. Nach ihm wurde ein Meiler von beinahe 30 Fuß (9 Meter) Durchmesser durch Erhitzen einer Eisenscheibe von noch nicht 5 Fuß Diameter angezündet. Unter derselben befand sich ein konisch schaftförmiger, mit Ziegeln ausgesetzter Raum (chaudière) von $4^1/_3$ F. oberem und $1^1/_2$ F. unterem Durchmesser, und von $1^1/_2$ F. Höhe. Drei radiale Kanäle führten aus demselben, nicht weit von der unteren Peripherie des Meilers, ins Freie. Zufolge Ebelmen's Bericht wurde durch diese Art des Anzündens ein größeres Kohlenausbringen erreicht als durch die ältere, vermittelst eines Quandelschachtes. Ein Quandelschacht verursacht nämlich nicht selten einen zu lebhaften Luftwechsel und zugleich auch eine lästige und schädliche Füllarbeit (wovon später), bei einer Zündgasse ist dies weniger der Fall, das Anzünden des Meilers aber schwieriger. Daß die Verkleinerung der Eisenscheibe in Bezug auf die damit verbundenen Vortheile ihre Grenze hat, liegt am Tage. Wenn es auch selbst bei Anwendung einer sehr kleinen Eisenscheibe gelingen kann, den Meiler in Brand zu setzen, so geht doch hierbei der Vortheil verloren, daß dies an einer größeren Fläche auf einmal geschieht.

Modificirt durch Karsten.

Welche von den hier beschriebenen Arten des Ansteckens den Vorzug verdient, läßt sich, wie aus dem Angeführten einleuchten wird, unmöglich mit Sicherheit entscheiden, da es darauf ankommt, Vortheile gegen einander abzuwägen, deren relative Größe nicht bekannt ist. Jedenfalls verdient das Anzünden des Meilers durch eine erhitzte Eisenscheibe Aufmerksamkeit. Sollte sich dasselbe allgemein als vortheilhaft bewähren, so würde es vielleicht sogar nicht zu viel Kosten verursachen, diese Anzündungs-Methode, zweckmäßig modificirt, auch bei veränderlichen Meilerstätten anzuwenden, wenigstens bei solchen, die mehrere Male zur Verkohlung benutzt werden.

Brennen des Mlrs.

Der eigentliche Proceß des Kohlenbrennens, welcher mit dem Anstecken des Meilers beginnt und mit dem Abkühlen der gewonnenen Holzkohlen

schließt, zerfällt in drei Abschnitte, nämlich 1) in das Schwitzen oder Abbähen, 2) in das Treiben und 3) in das Zubrennen des Meilers.

Erste Periode: Schwitzen des Meilers.

Der eben angezündete Meiler bedarf, zur Unterhaltung und schnellen Ausbreitung des Feuers in seinem Inneren, eine weit beträchtlichere Luftzuströmung als der schon längere Zeit in Brand stehende. Bei letzterem ist die Temperatur, welche durch die umfangreiche Masse der glühenden Kohlen und des brennenden Holzes entwickelt wird, eine so bedeutende, daß nur ein verhältnißmäßig kleines Quantum Luft dazu gehört, den Brand zu unterhalten; selbst wenn das Zuströmen der Luft eine Zeit lang gänzlich aufhörte, würde der Meiler eine hinreichend hohe Temperatur bewahren, um beim Zutritt neuer Luft sogleich wieder Feuer zu fangen. Ganz anders verhält sich dies bei einem erst kürzlich angezündeten Meiler, dessen bei weitem größte Masse sich in einem noch nicht erwärmten Zustande befindet, und dessen brennender Theil so weit von der Peripherie entfernt liegt, daß sich dem Luftwechsel mancherlei Hindernisse in den Weg stellen. Aus diesem Grunde geschieht es, daß man den Fuß des Meilers — unterhalb der Unterrüstung — anfangs entweder ganz unbedeckt läßt, oder ihn doch nur theilweise oder locker bedeckt. Aber es ist noch ein anderer Grund vorhanden, welcher dies nöthig macht. Die Ausbreitung des Feuers im angezündeten Meiler veranlaßt die Entwicklung einer sehr beträchtlichen Menge von Wasserdämpfen, welche nicht allein von der Austrocknung und fortschreitenden Zersetzung (Destillation) des dem Feuer zunächst gelegenen Holzes, sondern auch von der wirklichen Verbrennung eines Theiles desselben herrühren. Indem sich diese Wasserdämpfe innerhalb des noch wenig erwärmten Meilers ausbreiten, erleiden sie eine Condensation zu tropfbar flüssigem Wasser, welches sich — mit Theer und anderen flüssigen Zersetzungs-Produkten vermischt — an der Oberfläche der abkühlend wirkenden Holzscheite niederschlägt und eine Durchnässung — ein Schwitzen — aller kälteren Stellen des Meilers bewirkt. Sowohl dieses condensirte Wasser, als auch ein Theil der hygroskopischen Feuchtigkeit des bis dahin unzersetzten Holzes müssen so schnell wie möglich aus dem Meiler entfernt werden, was man durch Beförderung der Ausbreitung des Feuers und durch Herstellung eines leichten Abzuges für die Dämpfe erreicht. Letzteres ist eben so wichtig wie ersteres. Versäumte man den Dämpfen einen solchen Abzug zu verschaffen, so würden dieselben das Feuer an seinem Umsichgreifen verhindern, vielleicht es sogar ersticken. Aber selbst wenn sie dies nicht vermöchten, würden sie wenigstens fortwährend in die Gluth eindringen, und mit der glühenden Kohle zu Kohlensäure und Wasserstoff verbrennen, folglich die Kohlenausbeute vermindern. Diese Nachtheile werden, wenn zwar nicht gänzlich, doch bis zu einem gewissen Grade, durch das Unbedecktlassen oder Leichtbedecken

des Meilerfußes vermieden. Der innerhalb der Zwischenräume des Quandels aufsteigende Strom von heißen Gasen bewirkt das Nachdringen eines frischen Luftstromes durch den auf solche Art vorgerichteten Fuß des Meilers; die erhitzten Gase und der Wasserdampf gelangen theils durch die noch nicht fest verschlossene Mündung des Quandelschachtes ins Freie, theils suchen sie sich bei dem nur lose und leicht bedeckten Saume einen Ausweg, in größter Menge dringen sie aber unter der Rüstung hervor. Die Meilerdecke wird während dieser Austreibung des hygroskopischen Wassers sehr bald feucht, bei rascher Ausbreitung des Feuers etwa 24 Stunden nach dem Anzünden, und damit beginnt die eigentliche Periode des Schwitzens. Die hierbei austretenden Dämpfe sind von gelblich grauer, bei sehr harzigem und deshalb bei der Verbrennung stark rußendem Holze von gelblich oder bräunlich schwarzer Farbe. So lange die Dämpfe diese Farbe behalten und sich, wegen ihrer specifischen Schwere, nur langsam und mehr niederwärts als aufwärts bewegen, und so lange die Meilerdecke nicht anfängt zu trocknen, dauert die genannte erste Periode. Bei kleineren Meilern währt sie nur einige Tage, bei größeren eine Woche und darüber. Da während der ganzen Dauer derselben die bereits gebildeten Kohlen unmöglich vor theilweiser Verbrennung — als Folge des stärkeren Luftzuges — beschützt werden können, so ergiebt sich daraus die Nothwendigkeit, die Periode des Schwitzens möglichst schnell zu Ende zu führen.

Werfen, Schütteln.

Ganz besonders, bevor der Meiler ins eigentliche Schwitzen geräth, also 24—48 Stunden nach dem Anstecken, ist derselbe der Gefahr des Werfens (Stoßens, Schlagens) oder Schüttelns ausgesetzt. Unter diesen Benennungen versteht man im Innern des Meilers vor sich gehende Explosionen, welche ein stellenweises Abwerfen der Decke, ja selbst Auseinanderwerfen des Holzes zur Folge haben können. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden dieselben dadurch veranlaßt, daß sich die entwickelten brennbaren Gasarten — Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff und Wasserstoff — mit atmosphärischer Luft mengen, und dies Gemenge, indem es mit dem brennenden Holze in Berührung tritt, plötzlich zur Entzündung gelangt. Haben die Wasserdämpfe bereits so überhand genommen, daß alle ursprünglich im Meiler vorhandene atmosphärische Luft von ihnen verdrängt wurde, so ist die Bildung dieser explodirenden Gasgemenge weniger zu befürchten; denn die in den Meiler einströmende Luft kann auf ihrem durch den Zug vorgeschriebenen Wege nicht leicht hierzu Veranlassung geben, wenigstens nicht die Ansammlung eines bedeutenden Quantum dieses Gemenges gestatten. Wenn daher zuweilen auch während des schon eingetretenen Schwitzens des Meilers Explosionen vorkommen, so sind sie weniger zu fürchten als zu Anfang des Brandes. Zum Theil dürfte dieses weniger heftige und ein eigenthümliches Geräusch verursachende Schütteln eine ganz andere Ursache

haben. Es geschieht mitunter, daß sich, an dazu günstigen Stellen in dem oberen Theile des Meilers, Quantitäten der flüssigen Zersetzungs-Produkte ansammeln, welche durch irgend einen Zufall plötzlich einen Abfluß erhalten; ist dieser in die unten befindliche Gluth gerichtet, so verursacht er eine plötzliche Gas-Entwicklung, die aber nie so heftig wirken kann, wie eine auf oben gedachte Weise herbeigeführte Explosion. — Daß das eigentliche Werfen — die Explosion von Gasen — durch eine lebhafte Verbreitung des Brandes, also durch Erleichterung des Luftzutrittes, verhindert werden kann, bedarf nach dem Gesagten keiner weiteren Auseinandersetzung.

Schwinden, Hohlbrennen.

Nicht bloß durch das Werfen, sondern auch durch das **Schwinden** und **Hohlbrennen** des Meilers entstehen Unordnungen in seinem Inneren und in der Decke. Das Schwinden ist eine Folge der durch die Austrocknung und Verkohlung des Holzes bewirkten Volum-Verminderung; das Hohlbrennen rührt von einer Verbrennung der Kohle her, wodurch Räume gebildet werden, welche sich sehr vergrößern können, ehe sie durch Nachstürzen der Holz- und Kohlenmasse ausgefüllt werden. Das Schwinden findet während des ganzen Meilerbrandes Statt und kann, eben weil es fortwährend und allmälig geschieht, bei gehöriger Aufmerksamkeit des Köhlers nicht leicht gefährlich wirken, wohl aber das Hohlbrennen, besonders wenn es in der Gegend des Quandels vor sich geht, wo es mitunter erst durch den Einsturz eines Theiles der Haube bemerkbar wird. Die durch das Schwinden verursachten Uebelstände bestehen in einem Losziehen und Rissigwerden der Decke, was durch festeres Anklopfen oder durch stellenweises Auftragen eines neuen Bewurfes zu repariren ist. Die Stellen, an denen sich hohle Räume im Meiler bilden, muß der Köhler bei Zeiten zu erforschen bemüht seyn. Er erkennt dieselben, indem er die Decke rings herum mit einem Holzhammer beklopft; ein hohler Raum, wenn er nicht allzu tief unter der Decke liegt, verräth sich hierbei durch einen eigenen hohlklingenden Laut, und der Köhler kann auf diese Weise die ungefähren Grenzen der Höhlung erkennen. An einer solchen Stelle muß die Decke abgenommen, Holz und Kohle mittelst einer Stange, der »Füllstange«, zusammengestoßen und die entstandene Vertiefung mit Holz, Bränden oder Kohlen, in Mangel anderen Materials auch wohl mit Kohlenlösche ausgefüllt und eine neue Decke sorgfältig darübergelegt werden. Diese Arbeit heißt das **Füllen**; der Köhler muß sie, um Kohlenverbrand zu verhüten, mit der größtmöglichen Schnelle und Genauigkeit ausführen. In der Quandelgegend kommt sie bei jedem Meiler zu wiederholten Malen vor, da hier ein Theil der Kohlen unvermeidlich verbrennt. Bei einem wälschen Meiler erkennt man durch das Einsinken des Königs — des über der Mündung des Quandelschachtes aufgeschütteten Kohlenhaufens — die Zeit, zu welcher eine Füllung erfordert wird. Wie oft dieses Füllen bei einem Meiler geschehen muß,

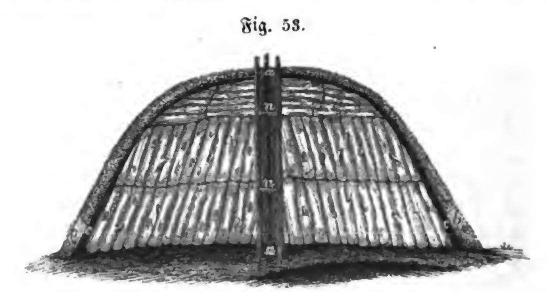
Füllen.

ist von verschiedenen Umständen abhängig; jedoch spielt das Herkömmliche hierbei keine unwichtige Rolle. Das Füllen an den Seiten des Meilers ist nicht normal, sondern theils die Folge eines undicht gesetzten Holzes, theils eines ungleichförmig vertheilten Luftzuges.

Zweite Periode: Treiben des Meilers.

Die veränderte Beschaffenheit des Dampfes und der Meilerdecke zeigt den Beginn der zweiten Periode, des Treibens, an. Sobald nämlich der unterhalb der Rüstung hervorbringende Dampf eine lichtere Farbe und den starken, charakteristischen Geruch der flüchtigen Verkohlungs-Produkte angenommen hat, sich ferner nicht mehr langsam fortwälzt, sondern leicht emporsteigt, und sobald die Decke zu trocknen beginnt, ist die Periode des Schwitzens zu Ende. Der bis dahin stattgehabte stärkere Luftzutritt ist nun nicht mehr nothwendig, ja er würde sogar, wenn man ihn noch länger unterhalten wollte, sehr schädlich wirken. Die erste Sorge des Köhlers muß es daher jetzt seyn, den bis dahin entweder völlig unbedeckten oder doch nur mit der leichten Unterdecke versehenen Fuß des Meilers gut und vollständig zu decken. Zugleich wird die ältere Meilerdecke ringsum fester angeschlagen, von allen Rissen befreit und nach Befinden verstärkt. Dieses vollständige Herstellen der Decke nennt man das Umfassen oder Umfangen des Meilers. Einen umfaßten wälschen Meiler zeigt die folgende Figur im senkrechten Durchschnitt.

Fig. 53.



b, die obere Erd- oder Löschdecke; *c*, die untere, grüne Decke. Das Innere eines bis zum Treiben vorgeschrittenen Meilers sieht natürlich anders aus, als die Figur darstellt. Der Quandelschacht ist zerstört und durch Füllung ersetzt, und der ganze Kern des Meilers befindet sich bereits in einem mehr oder weniger vollständig verkohlten Zustande.

Das Fortschreiten der Verkohlung im treibenden Meiler wird weniger durch ein theilweises Verbrennen der Holzmasse, als vielmehr durch die hohe Temperatur des Kernes unterhalten. Einen hermetischen Verschluß bildet die Decke allerdings nicht und soll sie auch nicht bilden, weil es sonst den

flüchtigen Destillations-Produkten an einem Auswege fehlen und ein gänzliches Verlöschen des Meilers eintreten würde. Hat man Grund zu befürchten, daß die Decke den Dämpfen einen zu schwierigen Ausweg gestattet, so werden in der Nähe des oberen (Hauben-) Saumes mit einem Schaufelstiele einige Zugöffnungen, sogenannte »Raumlöcher«, gestoßen. In der Regel geschieht dies nur an der Seite, an welcher der Meiler in der Verkohlung zurückgeblieben ist, was sich durch ein hier stattgefundenes geringeres Schwinden zu erkennen giebt. An der entgegengesetzten — gewöhnlich der Wind-Seite ist es dagegen gut, die Decke zu verstärken und, wenn die Hitze hier sehr stark wirkt, zugleich auch anzufeuchten. Das Anfeuchten einzelner Theile der Meilerdecke geschieht überhaupt während der letzten Hälfte der Verkohlung sehr häufig; es verhütet das schnelle Entstehen von Rissen. — In dem Zustande des Treibens verbleibt der Meiler gewöhnlich 2 bis 4 Tage. Nach dieser Zeit ist der größte Theil des Holzes fast schon vollständig verkohlt, mit Ausnahme einer sich unterhalb der Haube, zunächst der Decke, rings um den Meiler ziehenden mantelförmigen Zone, welche gegen den Fuß hin an Dicke zunimmt. Es kommt also nun darauf an, das Feuer von der Haube aus niederwärts, und vom Kerne aus weiter gegen die Peripherie zu leiten. Diese Operation heißt das Zubrennen des Meilers.

Dritte Periode: Zubrennen d. Meilers.

Das Zubrennen beginnt mit dem Anbringen der »Fußräume« oder »Fußraumlöcher«, nämlich einiger durch die Decke des Fußes gestoßener Zugöffnungen, durch welche die Luft einströmt und dadurch das Feuer nach denselben hinzieht. Die richtige Anzahl, Größe und Vertheilung derselben sind dem praktischen Blicke des Köhlers anheimgestellt. Da das Feuer allmälig nahe an sie heranrückt, so kann nur durch einen genau zugemessenen Luftstrom bedeutender Kohlenverbrand vermieden werden. Die kürzeste Entfernung der Raumlöcher von einander beträgt etwa 4 — 6 Fuß. Ist die Verkohlung beim Ende des Treibens schon weit vorgeschritten und giebt sich eine starke Gluth des Meilers zu erkennen, so macht man die Oeffnungen nur klein — von dem Durchmesser eines Schaufelstieles, — stößt sie nur bis auf die untere Decke nieder und bringt sie in größeren Entfernungen von einander an. Bei einer ungleichmäßig vorgeschrittenen Verkohlung, welche sich durch eingesunkene und zugleich stark erhitzte Theile der Decke kund giebt, bringt man unterhalb dieser Stellen gar keine Raumlöcher an. In diesem Zustande, mit einer größeren oder geringeren Anzahl von Raumlöchern an seinem Fuße, läßt man den Meiler, unter steter sorgsamer Beaufsichtigung, 4 — 8 Tage, sehr große Meiler noch längere Zeit stehen. Nach Verlauf dieser Zeit ist die Verkohlung auch der Decke an den Seiten des Meilers sehr nahe gerückt — die Decke der Haube hatte sie schon längst erreicht — und man würde den Proceß ohne neue Vorkehrungen beendigen

können, wenn nicht das zunächst unter der Decke zwischen Haube und Fuß befindliche Holz durch condensirte Zersetzungs-Produkte sehr angefeuchtet und dadurch in der Verkohlung zurückgehalten worden wäre. Wollte man die Verkohlung desselben durch die Fußraumlöcher herbeiführen, so würde dies nicht allein sehr lange dauern, sondern auch an der Basis des Meilers Kohlenverbrand verursachen. Man bringt deshalb jetzt, unter Beachtung derselben Vorsichtsmaßregeln wie zuvor, etwa in der halben Höhe des Meilers einen zweiten Kranz von Zugöffnungen, »Mittelräume« oder »Mittelraumlöcher«, an. Bei sehr großen Meilern legt man sie zuweilen etwas höher, nämlich nicht weit unterhalb des Saumes. Wie lange sowohl die Fußräume als die Mittelräume offen erhalten werden müssen, zeigt die Beschaffenheit des denselben entströmenden Rauches an. Sobald sich die dunkle Farbe desselben in eine durchscheinend bläuliche umgeändert hat, ist dies ein Zeichen, daß die Verkohlung an der betreffenden Stelle bis zur Decke vorgerückt und der Zug daher hier zu hemmen ist. Versäumt man die Schließung des Raumloches zu dieser Zeit, so bricht bald ein röthlicher Dampf daraus hervor, welcher Kohlenverbrand verräth. Sind alle Mittelräume auf diese Weise geschlossen, so wird zwischen diesen und den Fußräumen eine neue Reihe Oeffnungen gemacht und gleich der vorigen behandelt. Endlich müssen auch diese Zuglöcher in Folge des Eintretens der angegebenen Merkmale geschlossen werden, und kurze Zeit darauf pflegt dann bei den Fußräumen ebenfalls das Zeichen zur Schließung derselben einzutreten. Je gleichzeitiger dies ringsum geschieht, desto gleichmäßiger ist die Verkohlung zu Ende geführt worden. Nach dem Zuwerfen der Fußräume wird der Meiler, welcher nun die Gaare erreicht hat, mit fest aufgeklopfter und nöthigenfalls verstärkter Decke der Abkühlung überlassen. Um diese Abkühlung zu beschleunigen, bedient man sich in einigen Gegenden des sogenannten »Abputzens und Löschens«. Die Decke — sowohl Ober- als Unterdecke — wird nämlich, etwa 24 St. nach beendigter Verkohlung, stückweise abgenommen und sogleich durch Aufwerfen befeuchteter Kohlenlösche oder Erde ergänzt, bis der ganze Meiler auf diese Weise mit einer neuen Decke versehen ist. Das Eindringen (»Einemmern«) des feuchten und kalten Bewurfes zwischen die obersten Kohlenschichten wirkt, wenigstens auf diese, abkühlend. Was jedoch auf der einen Seite durch ein solches Verfahren gewonnen wird, kann leicht auf der anderen, durch verursachten Luftzutritt, wieder verloren gehen, wenigstens wenn die Ausführung dieser Arbeit nicht mit der erforderlichen Schnelle geschieht.

Die Gestalt des gaaren Meilers giebt ein ungefähres Anhalten zur Beurtheilung des Ausfalls der Verkohlung. Eine unregelmäßige Gestalt deutet auf Abnormitäten im Gange des Processes hin, welche stets ein verringertes oder theilweise fehlerhaftes Produkt zur Folge haben. Aber auch bei

einem rings herum gleichmäßig geschwundenen Meiler kann unnützer Kohlenverbrand stattgefunden haben, wenn der Köhler es gut verstanden hat, den Schaden durch fleißiges Füllen zu repariren; oder es kann eine nicht unbeträchtliche Menge des Holzes nur unvollkommen verkohlt worden seyn, wie dies besonders auf einer zu feuchten Meilerstätte der Fall zu seyn pflegt.

Abkühlen d. Mlrs. und

Das Abkühlen der Kohlen unter der Meilerdecke wird nur bis zu einem gewissen Grade vorgenommen. Wollte man das völlige Erkalten des ganzen Meilers auf diese Weise abwarten, so würde dies nicht allein sehr viel Zeit wegnehmen, sondern auch Kohlenverlust nach sich ziehen, da es große Schwierigkeiten hat, den Meiler so dicht zu bedecken, daß er gänzlich vor dem Eintritt der atmosphärischen Luft geschützt ist. Gewöhnlich beginnt daher schon 24 Stunden nach der erreichten Gaare das letzte Geschäft des Köhlers: das Kohlenziehen. Zu diesem Zwecke macht der Köhler vermittelst des »Ziehhakens« oder »Spreißhakens« — einer an einem Ende mit einem hölzernen Schaft versehenen und am anderen Ende hakenförmig gekrümmten eisernen Stange — eine kleine Oeffnung in der Decke des Meilerfußes, zieht eine Quantität Kohlen daraus hervor, und verschließt die Oeffnung schleunigst wieder durch Bewerfen mit Erde oder Lösche, um durch einen, an einer und derselben Stelle stattfindenden Luftzutritt der Kohle hier keine Gelegenheit zum Wiederentzünden zu geben. Die ausgezogenen Kohlen werden sogleich mit trockner Erde oder Lösche beworfen, oder auch, was vorzuziehen ist, mit Wasser besprengt. Dasselbe Verfahren wiederholt man jetzt an einer anderen Stelle des Meilers, bis nach und nach alle Kohlen ausgezogen, gelöscht und rings um die Meilerstätte angehäuft sind. Die Sortirung der Kohlen, in Bezug auf Güte und Größe, geschieht theils schon während des Ausziehens, theils auch erst kurz vor dem Transporte nach dem Hüttenwerke.

Kohlenziehen.

Sortirung der Kohlen.

Bei jedem Meilerbrande werden verschiedene Sorten von Kohlen erhalten, welche hauptsächlich in folgende Klassen gebracht werden können: 1) Grobe oder Stück-Kohlen (an einigen Orten auch Lese- oder Ziehkohlen genannt), worunter man die größten und dichtesten Kohlen versteht, welche oft den ganzen Umfang eines verkohlten Scheites oder Klobens, seltener die Länge desselben besitzen; 2) Schmiedekohlen, ebenfalls dicht und fehlerfrei, aber in kleineren Stücken, etwa von Faustgröße; 3) Quandelkohlen, die zunächst dem Quandel befindlichen Kohlen, welche gewöhnlich nicht nur zu kleinen Stücken zerdrückt sind, sondern auch durch theilweises Verbrennen eine undichtere Beschaffenheit erlangt haben; 4) Kohlenklein (Grösekohlen) und Lösche, ganz kleine, höchstens cubikzollgroße Kohlenstücke und Kohlenstaub, welche zum Theil erst beim Ausziehen und Fortschaffen der Kohlen, sowie beim Zerschlagen der allzu großen Stücke entstehen; 5) Rohe (rothe) Kohlen und Brände, mehr oder weniger unvollkommen ver-

kohltes Holz, welches beim Anzünden mit Flamme brennt. Die Brände haben einen noch geringeren Grad der Kohlung erhalten, als die rohen Kohlen. — Die Stückkohlen, als das vorzüglichste Produkt, verwendet man zum Schachtofen-Betriebe, die Schmiedekohlen werden in den Frischfeuern, Schmieden u. s. w. angewendet, die Quandelkohlen und theilweise auch das Kohlenklein zum Erzrösten, Kalkbrennen u. s. w., die Lösche theils zur Bildung der Decke eines neuen Meilers, theils zum Gestübe für die Hütte benutzt, die Brände aber placirt man bei einer späteren Verkohlung dicht um den Quandel. Ein Theil der Brände und der geringeren Kohlensorten wird zum Füllen des Meilers genommen. Viel Brände sind entweder ein Zeichen eines fehlerhaft geleiteten Processes oder einer zu feuchten Meilerstätte, doch kann hierbei auch nasse Witterung einen schädlichen Einfluß ausüben. Die besten Kohlen — die Stück- und Schmiedekohlen — finden sich in der Regel ungefähr 1 Fuß von der Decke und 2 Fuß vom Quandelschachte entfernt. Im Quandel selbst und 2 Fuß um denselben befinden sich die Quandelkohlen, welche besonders im unteren Theile des Meilers eine sehr undichte Beschaffenheit haben. Die Brände liegen unmittelbar auf der Meilerstätte. Da die angegebenen Verhältnisse bei großen und kleinen Meilern nicht erheblich verschieden sind, so ergiebt sich von selbst, daß das Verhältniß der guten Kohle zur schlechten bei den ersteren ein günstigeres seyn muß, als bei den letzteren. Für große Meiler kann es durchschnittlich wie 11 : 1, bei kleineren wie 6 : 1 angenommen werden.

Dauer der Verkohlung.

Die Zeit, welche vom Anstecken eines Meilers bis zum Abkühlen desselben verfließt, ist nicht allein von seiner Größe abhängig, sondern auch von der Beschaffenheit des Holzes, von der Witterung und Leitung der Verkohlung. Ein aus gutem weichen Holze gerichteter Meiler von 25 bis 30 Fuß Durchmesser erfordert etwa 2 — $2^1/_2$ Woche zum Gaarwerden, während bei einem derartigen Meiler von 45 — 50 Fuß Durchmesser gegen 4 — 5 Wochen erforderlich sind. Durch sehr nasses oder grünes Holz und feuchte Witterung kann das Ende der Verkohlung um $^1/_2$ — 1 Woche, zuweilen noch länger verzögert werden. Lufttrocknes entrindetes Scheitholz verkohlt sich ungleich leichter als berindete Kloben, hartes Holz etwas schwerer als weiches.

Kohlenausbeute nach Maaß und Gewicht.

Das numerische Resultat eines Verkohlungs-Processes — die Kohlenausbeute oder das Kohlenausbringen — wird theils dem Maaße nach, theils dem Gewichte nach angegeben. Letzteres geschieht seltener, weil eine genaue Gewichtsbestimmung sowohl des Holzes als der daraus erzeugten Kohlen mit noch größeren Schwierigkeiten verknüpft ist, als das Messen derselben. Dennoch geben die Gewichts-Verhältnisse das einzige sichere Anhalten bei der Beurtheilung des Ausfalls einer Verkohlung. Welcher Methode man sich aber bedient, so darf es vor Allem nicht versäumt werden, die gefallenen schlechten Kohlen, besonders Kohlenklein, Lösche und

Brände, als auch das zum Füllen verwendete Material in richtige Rechnung zu bringen.

Es wurde früher (s. Eigenschaften des Holzes) gezeigt, daß 100 Gwthle. lufttrocknes Holz annähernd 40 Proc. Kohlenstoff enthalten. Zufolge der angeführten Versuche von Karsten (s. Tab. XIV.) lassen sich bei langsamer Verkohlung in verschlossenen Gefäßen von diesen 40 Proc. etwa 25 — 27 Proc. — nämlich 25 — 27 Gwthle. Kohle aus 100 Gwthle. lufttrocknem Holz — gewinnen, während 13 — 15 Proc. in den flüchtigen Zersetzungs-Produkten fortgeführt werden. Daß bei einer Meilerverkohlung kein höheres Ausbringen erreicht werden kann, als bei einer langsamen Destillation ohne Luftzutritt, läßt sich wohl kaum in Zweifel ziehen. Angenommen selbst, daß in einem Meiler, besonders in einem der größeren, die Verkohlung theilweise noch langsamer vor sich geht, als dies von Karsten bei seinen im Kleinen ausgeführten Versuchen bewirkt wurde, und daß also insofern bei einem Meiler vielleicht noch eine größere Kohlenausbeute als 25 — 27 Proc. erreicht werden könnte, so ist doch andererseits der bei jeder Verkohlung unter Luftzutritt unvermeidliche Kohlen-Verbrand nicht außer Acht zu lassen, welcher bei einer Destillation in verschlossenen Gefäßen gar nicht stattfindet. Ferner darf es nicht übersehen werden, daß das zur Verkohlung angewendete Holz nur selten vollkommen lufttrocken, häufig sogar ziemlich feucht ist, so daß sein Kohlegehalt in manchen Fällen kaum höher als 36 — 38 Proc. angeschlagen werden dürfte. Hiernach scheint sich herauszustellen, daß ein Kohlenausbringen von 25 — 27 Proc. bei einer Meilerverkohlung im günstigsten Falle möglicherweise annähernd erreicht, aber wohl schwerlich überschritten werden könne. Die Erfahrung hat dies im Allgemeinen bestätigt. Folgende Beispiele mögen als Belege dafür dienen.

Im Jahre 1839 wurden zu Eisleben, unter der Leitung von Beschoren, Versuche über das Kohlenausbringen dem Gewichte nach angestellt. Die Versuchsmeiler (stehende M.) hatten Durchmesser von theils etwas unter, theils über 20 Fuß (circa 1200, 1700 und 2400 C.-Fuß Inhalt). Bei zwei mit Eichenholz vorgenommenen Verkohlungen ergab sich ein Ausbringen das eine Mal von 21,3, das andere Mal von 23,4 Gew.-Proc.; vom Rothbuchenholze erhielt man 22,7 Gew.-Proc., vom Birkenholz 20,9 Gew.-Proc., vom Hainbuchenholz 20,6 und vom Kiefernholz 25 Gew.-Proc. Sämmtliches Holz bestand größtentheils aus Scheiten (Bergwerksfreund Bd. 3, S. 1). — Aehnliche Versuche, über welche Fr. Meyer (Stud. d. götting. Ver. bergm. Freunde Bd. 3, S. 67) Bericht erstattet hat, nahm man in den Jahren 1827 — 1830 bei dem Eisenwerke Elend auf dem Harze vor. Das angewendete Holz bestand meist aus fichtenen Kloben, und die Meiler hatten einen Diameter von 30 und einigen Fußen. Bei 5 dieser Meiler betrug das Kohlenausbringen 20,8, 21,2, 23,7, 21,7 und 27,5

Gew.-Proc.*) — Eine Verkohlung in kleinen Versuchsmeilern (von 5 Klftr. Inhalt) wurde in den Jahren 1831 und 1832 auf Berthier's Veranlassung und unter Juncker's Leitung bei dem Hüttenwerke Poullaouen ausgeführt. Man erhielt hierbei folgende Resultate:

1) Zwei Jahre nach dem Fällen, im August verkohltes Holz.

Eichenholz (entrindet) . . .	25,9 Gew.-Proc.
Rothbuchen- und Eichenholz	24,2 »

2) Im Januar gefälltes und im August desselben Jahres verkohltes Holz.

Rothbuchen- und Eichenholz	23,8 Gew.-Proc.

3) Im Mai gefälltes und im August desselben Jahres verkohltes Holz.

Rothbuchenholz (entrindet) .	23,2 Gew.-Proc.
Rotbuchenholz (berindet) .	20,1 »
Eichenholz (berindet) . . .	22,6 »

4) Im Mai gefälltes und im Januar des folgenden Jahres verkohltes Holz.

Eichenholz (entrindet) . . .	21,9 Gew.-Proc.
Eichenholz (berindet) . . .	19,5 »

5) Sogleich nach der Fällung verkohltes Holz.

Eichenholz (berindet) . . .	13,8 »
Rothbuchenholz (berindet) .	13,1 »

Die bei der Verkohlung dieser Holzsorten gefallenen Brände — 0,3 bis 1 Proc. — sind, als Kohle veranschlagt, in Rechnung gebracht. — Zu Hiflau in Steyermark erhielt man bei der Verkohlung von Nadelhölzern in wälschen Meilern von 46 F. Durchmesser (und einer zum Theil eigenthümlichen Construktion) ein Ausbringen von 26 Gew.-Proc.; zu Görsdorf in Sachsen, in noch größeren Meilern (bis zu 60 Fuß D.) ein gleiches Ausbringen. — Die Kohlenausbeute bei 5 schwedischen Versuchsmeilern (von 30 F. Durchm. und 10 F. Höhe (giebt af Uhr an zu 25,2, 20,7, 26,4, 20,0 und 28,0 Gew.-Proc. — Berücksichtigt man von den angeführten Beispielen, im Ganzen 28, die beiden letzten Berthier'schen nicht, weil sie einem nicht normalen Falle angehören, so ergiebt sich aus den übrigen 26 eine mittlere Kohlenausbeute von 23,16 Gew.-Proc., welche sich in runder Zahl auf 23 Gew.-Proc. setzen läßt, und wobei die einzelnen Resultate zwischen den Grenzwerthen 19,5 und 28,0 schwanken. Da das von Karsten bei der Verkohlung in verschlossenen Gefäßen erreichte Ausbringen sich zu 25 — 27 Gew.-Proc., durchschnittlich ungefähr zu 26 Gew.-Proc., ergab, so bleibt hiernach die Meiler-Verkohlung gegen die trockne

*) Bei der größeren Anzahl dieser Meiler wurde die Kohlenausbeute nur nach dem Maaße bestimmt.

Destillation nur um 3 Gew.-Proc. zurück, und es scheint sogar, daß sie die letztere in einzelnen Fällen zu erreichen vermag. Ein günstigeres Resultat läßt sich, wie später näher gezeigt werden soll, durchaus nicht erwarten. Angaben von einer bedeutend höheren Kohlenausbeute als der hier nachgewiesenen, wie z. B. von 30, ja sogar von 35 Gew.-Proc., müssen entweder auf Irrthümern oder absichtlichen Täuschungen beruhen. Einer der mancherlei möglichen Irrthümer könnte vielleicht darin bestehen, daß ein Theil der ausgebrachten Kohle eine größere Menge flüchtiger Bestandtheile enthielt, als dies bei gewöhnlicher Holzkohle der Fall ist.

a) Nach Maaß.

Die Angabe des Kohlenausbringens dem Maaße nach kann auf verschiedene Arten geschehen. Um diese Arten in Kürze zu charakterisiren und Verwechselungen derselben vorzubeugen, mögen hierbei die Benennungen »wirkliches Volum« und »Gemäß-Volum« eingeführt werden. Unter wirklichem Volum wird das Volum einer Holz- oder Kohlenmasse nach Abzug der zwischen den Holz- oder Kohlenstücken befindlichen Zwischenräume verstanden, und unter Gemäß-Volum das Volum einer solchen Masse ohne Abzug dieser Zwischenräume. Wenn also z. B., wie an einigen Orten der Fall, 1 Klafter Holz 6 Fuß Höhe, 6 F. Länge und 3 F. Breite (Scheitlänge) besitzt, so ist das in Cubikfußen ausgedrückte Gemäß-Volum dieser Holzmasse $= 6 \times 6 \times 3 = 108$ Cub.-F., das wirkliche Volum derselben aber bedeutend kleiner, nämlich = 108 Cub.-F. minus der Zwischenräume, welche 30 — 50 Proc. und darüber betragen können*). Die verschiedenen Arten der Angabe sind nun folgende. Man kann vergleichen

1. das Gemäß-Vol. des Holzes mit dem Gemäß-Vol. der Kohle
2. das wirkliche Vol. » » » » wirklichen Vol. » »
3. das wirkliche Vol. » » » » Gemäß-Vol. » »
4. das Gemäß-Vol. » » » » wirklichen Vol. » »

Die drei ersten Arten sind alle mehr oder weniger gebräuchlich, die letzte dagegen nicht. Wir haben es also eigentlich nur mit drei Methoden zu thun, von denen die erste in Kürze durch Ausbringen nach dem Gemäß-Volum, die zweite durch Ausbringen nach dem wirklichen Volum und die dritte durch Ausbringen nach beiderlei Volum bezeichnet werden kann. Diese Hervorhebung der Methoden ist nothwendig, denn nicht selten werden dieselben mit einander verwechselt, wodurch zwischen den an verschiedenen Orten gefundenen Resultaten anscheinend noch größere

*) Bei gut aufgeschichtetem Scheitholz lassen sich die Zwischenräume etwa zu 30 Proc., bei Kloben- und Knüppelholz zu 40 — 50 Proc. annehmen. Die Zwischenräume der Kohlen sind von der Größe der letzteren abhängig. Nach Lampadius betrugen sie bei einem zu Freiberg ausgeführten Versuche 52,09 Procent. —

Differenzen stattfinden, als außerdem schon vorkommen. In dem Folgenden sind einige Beispiele für jede der gedachten Arten der Angabe zusammengestellt.

a. N. d. Gemäß-Volum.

Nach af Uhr erhielt man bei 10 schwedischen Meilern ein durchschnittliches Ausbringen von 63,2 Proc.; die Grenzen waren 50,5 und 75 Proc. Das zur Verkohlung angewendete Holz bestand in Tannen- und Fichtenkloben.

Beim Hüttenwerke Elend auf dem Harze bestimmte man in den Jahren 1827 — 1830 die Kohlenausbeute von fast 150 Meilern nach dem Gemäß-Volum. In der größten Zahl der Fälle wechselte sie zwischen 50 und 70 Procent. Das zur Verkohlung angewendete Holz bestand hauptsächlich aus Fichtenkloben. — Eine Verkohlung zu Reinhardswalde in Meilern von 3750 bis 4500 Cub.-F. Inhalt (Buchenscheit- und Buchenknüppel-Holz) ergab, nach Pfort, ein Ausbringen von 60,8 bis 61,8 Proc. — Bei den zu Eisleben unter der Leitung von Beschoren angestellten Versuchen erhielt man folgende Resultate.

	Kohlenausbeute nach dem Gemäß-Volum.
Eichenholz	71,8 Proc.
Eichenholz	74,3 »
Rothbuchenholz . .	73,0 »
Birkenholz	68,5 »
Hainbuchenholz . .	57,2 »
Kiefernholz . . .	63,6 »

b. N. d. wirklichen Volum.

Das Ausbringen nach dem wirklichen Volum ermittelte man zu Elend bei vier aus Fichtenkloben errichteten Meilern, und erhielt Kohlenausbeuten von 49,0, 49,7, 47,9 und 43,7 Proc., durchschnittlich also von 47,6 Proc. Zu Görsdorf in Sachsen soll man bei der dortigen Köhlerei in Groß-Meilern (von 28,000 — 52,000 Cub.-F. Inhalt), nach Lampadius, gegen 60 und mehr Proc. Kohlen aus Fichtenscheitholz erhalten haben. Das von Foy, Gruner und Harlé (Ann. d. mines 3ième série, T. 7, p. 1.) angegebene Kohlenausbringen nach dem wirklichen Volum beträgt sogar 69,5 Proc.

c. N. beiderlei Volum.

Das Ausbringen nach beiderlei Volum wurde bei den bereits gedachten Versuchen zu Eisleben ebenfalls bestimmt. In der folgenden Uebersicht sind die Resultate nach allen drei dort in Anwendung gebrachten Methoden der Angaben zusammengestellt.

	Kohlenausbringen nach dem		
	Gewicht.	Gemäß-Vol.	Beiderlei Vol.
Eichenholz	21,3 Proc.	71,8 Proc.	98,7 Proc.

	Gewicht.	Gemäß-Vol.	Beiderlei Vol.
Eichenholz . . .	23,4 Proc.	74,3 Proc	102,0 Proc.
Rothbuchenholz . .	22,7 »	73,0 »	100,4 »
Birkenholz . . .	20,9 »	68,5 »	94,2 »
Hainbuchenholz . .	20,6 »	57,2 »	78,6 »
Kiefernholz . . .	25,0 »	63,6 »	87,2 »

Die aufgestellten Beispiele werden hinreichend seyn, um die Abweichungen, welche bei der Bestimmung des Kohlenausbringens dem Maaße nach stattfinden, vor Augen zu stellen. Der möglichen Fehlerquellen giebt es hier so viele, daß es zu weit führen würde, dieselben alle aufzuzählen. So viel ist ausgemacht, daß alle drei sich auf das Volum beziehenden Bestimmungs-Methoden aus mehr als einem Grunde unsicher sind, und im günstigsten Falle nur dazu dienen können, um bei der Köhlerei eines und desselben Hüttenwerkes Vergleiche anzustellen, aber durchaus nicht, um die Kohlenausbeute verschiedener Hüttenwerke mit einander zu vergleichen. Hierzu eignet sich allein die Bestimmung des Ausbringens nach dem Gewichte, wobei noch vorausgesetzt werden muß, daß dieselbe mit möglichster Sorgfalt ausgeführt wird. Ein großer Uebelstand bei dieser Methode besteht allerdings in der Schnelligkeit, mit welcher frische Kohlen Feuchtigkeit anziehen und dadurch ihr Gewicht vermehren. Aber die Angabe der Ausbeute nach dem Volum leidet noch an einem größeren Uebelstande, denn sie stellt die porösesten und mit Sprüngen erfüllten Kohlen eben so hoch wie die dichtesten und besten.

Theoret. Rückblick auf d. Mlr.-Verk.

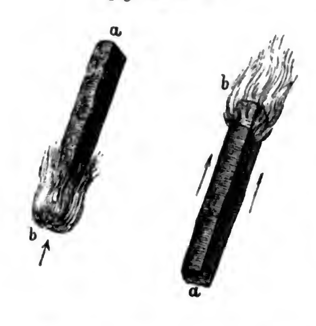
Ein Theil der theoretischen Betrachtungen über die Meiler-Verkohlung läßt sich mit Erfolg erst anstellen, nachdem man sich eine Einsicht in das praktische Detail dieser Verkohlungs-Methode erworben hat. Aus diesem Grunde wollen wir das Wesentlichste des Meiler-Processes in dem Folgenden noch einmal mit theoretisch prüfendem Blicke durchlaufen.

Verkohl. eines einzelnen Holzscheites.

In jedem Meiler wird durch langsam fortschreitende, theilweise Verbrennung eine größere oder geringere Anzahl von Holzstücken (Scheiten, Kloben u. s. w.) in Kohle umgewandelt. Ermittelt man den Hergang dieser Umwandlung bei einem einzigen dieser Holzstücke, so erhält man ein Bild von der Verkohlung des ganzen Meilers. Fixiren wir also einen einzelnen Holzscheit. An irgend einer Stelle seiner Oberfläche wird derselbe zuerst in Brand gesetzt; wir wollen annehmen, es geschähe an einem seiner Enden. Damit die Verbrennung fortschreite und nach und nach das entgegengesetzte Scheitende erreiche, wird ein Luftstrom erfordert; damit aber die Verbrennung nicht vollständig vor sich gehe, sondern den größten Theil

des im Holze vorhandenen Kohlenstoffs unverbrannt zurücklasse, muß dieser Luftstrom eine gewisse Richtung haben.

Fig. 54. a. b.



Käme es darauf an, einen Scheit, *ba*, vollständig und in möglichst kurzer Zeit zu Asche zu verbrennen, so könnte kein Luftstrom vortheilhafter wirken als der, welcher mit der Längenaxe des Holzscheites parallel, und zwar von *b* nach *a*, d. h. vom brennenden nach dem unangebrannten Ende, hinliefe. Ein solcher Luftstrom würde alle gebildete Kohle sehr bald verzehren, das noch unverbrannte Holz durch die Flamme des brennenden erhitzen, und auf solche Weise die Verbrennung vor sich her treiben. Bei der Verkohlung will man aber ein ganz anderes Resultat erreichen; es kommt darauf an die größtmöglichste Quantität Kohle durch eine unvollständige Verbrennung aus dem Holze abzuscheiden. Hierzu kann kein Luftstrom geeigneter seyn als der, welcher eine dem vorgedachten entgegengesetzte Richtung besitzt, sich also von *a* nach *b*, d. h. vom unangebrannten nach dem brennenden Ende, hinbewegt. Auch bei dieser Richtung des Zuges wird sich, wovon man sich leicht durch ein einfaches Experiment überzeugen kann, die Verbrennung von *b* nach *a* fortpflanzen, allein weit langsamer als im ersten Falle, und ohne daß dabei die Kohle verzehrt wird. Die verkohlte End- (Quer-) Fläche des Scheites wird nämlich jetzt durch ihre Lage gänzlich gegen die direkte Einwirkung des Luftstromes geschützt seyn, und auch die an den Seitenflächen gebildete Kohle, obgleich sie vom Zuge bestrichen wird, ist keiner Einäscherung ausgesetzt, da die gasförmigen Verbrennungs-Produkte eine — durch den Luftstrom zwar theilweise fortgeführte, aber sich stets wieder erneuernde — Atmosphäre zu ihrem Schutze bilden. Erst wenn auf diese Weise die Verkohlung des Scheites von *b* bis *a* fortgeschritten, der ganze Scheit also verkohlt ist, und man den Zug jetzt nicht unterbräche, würde die Einäscherung bei *a* beginnen und sich allmälig bis *b* fortpflanzen. Ein solcher Erfolg ist jedoch nicht bloß von der Richtung, sondern auch von der Geschwindigkeit des Luftstromes abhängig. Es ist leicht einzusehen, daß, obgleich der Zug zuerst stets die Zone des brennenden Holzes berührt und darauf die dahinter befindliche Kohle bestreicht, letztere dennoch zum Theil eingeäschert werden kann, sobald der Zug allzu heftig wirkt, d. h. sobald er bei seinem Passiren durch die Flamme der Zersetzungs-Produkte

nicht allen Sauerstoff abgiebt. Andererseits darf aber der Luftstrom auch nicht zu schwach seyn, weil sonst ein Erlöschen des brennenden Scheites zu befürchten ist. Je trockner das angewendete Holz ist, desto weniger leicht kann das Erlöschen eintreten, desto weniger geschwind braucht sich der Luftstrom zu bewegen.

Noch günstiger gestalten sich die Verhältnisse für eine so bewirkte Verkohlung, wenn man, anstatt eines einzelnen Holzscheites, eine größere Anzahl parallel und dicht neben einander liegender anwendet. Die Gefahr des Erlöschens wird alsdann, selbst bei einem schwächeren Luftstrome, bedeutend geringer seyn, weil die dicht zusammengehäuften Scheite einander erhitzen und vor der Abkühlung bewahren. Es läßt sich hieraus für die Meiler-Verkohlung folgende allgemeine Regel abstrahiren.

Daraus entlehnte Regeln.

1. **Der zur Unterhaltung der Verbrennung in einem Meiler erforderliche Luftstrom muß, so viel wie möglich, vom unangebrannten Theile des Meilers nach dem brennenden, nicht aber umgekehrt — vom brennenden nach dem unangebrannten — geleitet werden.**

Diese Regel betrifft das Zuströmen der **unzersetzten** atmosphärischen Luft; es fragt sich nun, ob es nöthig ist, auch in Bezug auf die Wegführung der **verbrannten** Luft, überhaupt auf die Wegführung aller gasförmigen Verbrennungs- und Zersetzungs-Produkte, eine Regel aufzustellen. Es bestehen diese Produkte hauptsächlich in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Wasserdampf und den Dämpfen der verschiedenen sich später als Theer condensirenden Stoffe. Leitet man einen Strom von Kohlensäure durch eine Schicht glühender Kohlen, so verwandelt sich die Kohlensäure, durch Aufnahme von Kohlenstoff, in Kohlenoxyd; aus 1 Atom Kohlensäure ($\ddot{C}$) werden 2 At. Kohlenoxyd ($\dot{C},\dot{C}$) gebildet. Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff (CH^4) und Wasserstoff über glühende Kohlen geleitet, erleiden und bewirken keine Veränderung; Wasserdampf aber wird hierbei zersetzt, es entsteht Kohlensäure — später Kohlenoxyd — und Wasserstoff. 2 At. Wasser verwandeln sich zuerst in 1 At. Kohlensäure ($\ddot{C}$) und 4 At. Wasserstoff, die Kohlensäure nachher in 2 At. Kohlenoxyd ($\dot{C},\dot{C}$). Von den Veränderungen, welche die den Theer bildenden Stoffe unter solchen Umständen erleiden, ist bis jetzt zu Weniges ermittelt, um hier in Betracht gezogen zu werden. Es genügt aber bereits zu wissen, daß Kohlensäure und Wasserdampf glühende Kohlen verzehren, und daß daher das Hindurchströmen der Verbrennungs- und Zersetzungs-Produkte durch die glühenden Meilerkohlen eine Gewichts-Verminderung der letzteren zur Folge haben muß. Daraus ergiebt sich als zweite Regel:

2. **Die gasförmigen Verbrennungs- und Zersetzungs-Pro-**

dukte müssen wo möglich nicht mitten durch die bereits gebildeten, noch glühenden Kohlen, sondern auf anderem Wege aus dem Meiler entfernt werden.

Endlich haben wir uns als dritte Regel die aus Karsten's Versuchen über das Kohlenausbringen bei beschleunigter und langsamer Verkohlung entlehnte ins Gedächtniß zurückzurufen.

Anwend. d. Regeln bei d. Mlr.-Verk.

3. Die Verkohlung muß eine langsam fortschreitende seyn.

Wir wollen nun zusehen, inwieweit die gewöhnliche Meiler-Verkohlung diesen Regeln entspricht, und ob es dieselbe überhaupt zuläßt, keiner derselben zuwider zu handeln.

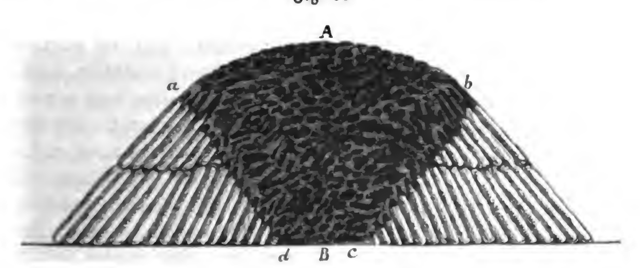
Bei einem am Fuße — am unteren Theile des Quandelschachtes — angesteckten Meiler breitet sich das Feuer von unten nach oben aus. Die im Quandelschachte und zunächst um denselben aufgehäuften leicht brennbaren Stoffe gerathen binnen kurzer Zeit in Brand, und der Meiler erhält auf diese Weise einen brennenden Kern, der sich in allen seitlichen Richtungen, besonders aber aufwärts vergrößert. Aus früher angegebenen Gründen wird hierbei ein nicht zu schwacher Luftzug erfordert, welcher vorzugsweise in der Quandelgegend, von unten nach oben aufsteigt, sich also, der Regel 1. zuwider, vom brennenden Theile des Holzes nach dem unangebrannten bewegt. Ein theilweises Verbrennen und Einäschern der Kohlen, so wie ein wiederholtes Füllen sind hiervon unvermeidliche Folgen. — Zündet man den Meiler am Kopfe an, so entgeht man den Nachtheilen des sich regelwidrig bewegenden Luftstromes, allein die gasförmigen Verbrennungs- und Zersetzungs-Produkte werden, der Regel 2. entgegen, mitten durch die glühenden Kohlen geführt, wodurch diese ebenfalls eine Gewichts-Verminderung erleiden. Bei welcher dieser Methoden des Anzündens dieser Kohlenverlust am geringsten ist, muß dahingestellt bleiben. — Das Anzünden nach der Brune'schen Methode, durch eine glühend gemachte Eisenscheibe, gestattet es, den Meiler in Brand zu bringen, ohne sich weder eines Quandelschachtes, noch einer Zündgasse zu bedienen, ohne also den Meiler einem — leicht zu heftig werdenden — Luftzuge auszusetzen. Man bedient sich hier einer Hitzwirkung, welche nicht durch eine entsprechende Verbrennung im Meiler selbst erzeugt, sondern durch Anwendung irgend eines billigen, fast werthlosen Brennmaterials hervorgebracht werden kann. Daß die Eisenscheibe den Umfang der Grundfläche des ganzen Meilers hat, ist nicht gut zu heißen, weil der Meiler hierdurch zu früh an der Peripherie in Brand geräth und die an dieser Stelle gebildeten Kohlen dem Verbrennen ausgesetzt werden; daß man aber auch mit der Verkleinerung der Eisenscheibe vorsichtig seyn muß, darauf wurde bereits oben aufmerksam gemacht. Uebrigens zeigt die Betrachtung, daß, obgleich der Brune'schen Methode ge-

wisse Vortheile nicht abzusprechen sind, dieselbe dennoch den von regelwidrigem Luftzuge herrührenden Kohlenverbrand keinesweges vollständig zu hindern vermag. — Was die Regel 3. betrifft, so kann diese während der Periode des Anzündens, in welcher es darauf ankommt, den Meiler **schnell** in Brand zu bringen, natürlich bei keiner dieser Arten des Anzündens gehörig betrachtet werden.

Während der Periode des Treibens dringt nur sehr wenig Luft in den Meiler, und das Fortschreiten der Verkohlung wird hauptsächlich durch die Hitzwirkung des glühenden Kernes bewerkstelligt. Die Verkohlung greift langsam um sich, und es wird so gut wie keiner der 3 Regeln zuwidergehandelt, besonders wenn man am Haubenrande — beim oberen Saume — einige Oeffnungen in der Decke anbringt, durch welche die flüchtigen Zersetzungs-Produkte einen hinreichend bequemen Ausweg finden können. Durch Herstellung dieser Rauchlöcher wird zwar auch das Eindringen der Luft in den Meiler befördert, aber, wie wir gleich sehen werden, ohne erheblichen Nachtheil. Zu Anfang des Treibens hat nämlich der Meiler, wie **Ebelmen** (Ann. d. min., 4ième sér., t. 6, p. 511) durch einen interessanten Versuch gezeigt hat, folgende Beschaffenheit in seinem Inneren.

Aufbrechung eines treibenden Mlrs.

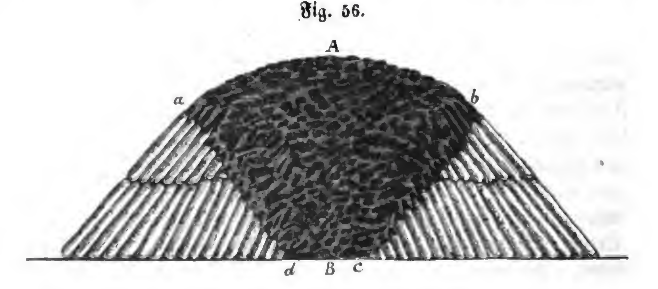
Fig. 55.



Die Figur stellt einen senkrechten Central-Durchschnitt des Meilers vor. Die Contouren des bereits verkohlten Theiles der Holzmasse haben etwa die Form eines umgekehrten abgestumpften Kegels, welcher die Quandellinie, *AB*, zur Axe hat. In der Figur zeigt sich dieser Kegel in einer seiner größten Durchschnittsflächen, *abcd*. Die von der Verkohlungs-Grenze durchschnittenen Scheite tragen längere oder kürzere Stücke ihrer verkohlten Enden; bei den Scheiten der oberen Etage sind dieselben länger als bei denen der unteren, was sich leicht erklärt. Die mehr oder weniger verkohlten Theile der Scheite waren nämlich in der unteren Etage — durch das vor jedem Füllen erfolgende Niederstoßen der Kohlen mittelst der Füllstange — dem Abbrechen weit mehr ausgesetzt, als die der oberen. Außer-

dem aber hatten die ersteren eine mürbere Beschaffenheit, weil sie früher verkohlt und der Einwirkung der unzersetzten Luft mehr Preis gegeben waren. Innerhalb der ringsum laufenden Zone der noch festsitzenden verkohlten Scheitenden liegen die Kohlen dicht und regellos über einander gehäuft, eine Folge des wiederholten Füllens. — Werden an einem so be-

Fig. 56.



schaffenen, treibenden Meiler in der Gegend des oberen Saumes, bei *a* und *b*, Rauchlöcher angebracht, so verursachen diese allerdings, da sowohl die Meilerdecke als die Meilerstätte keinen hermetischen Verschluß abgeben, ein schwaches Nachströmen der Luft von unten aufwärts; aber der Luftstrom wird sich, indem er den bequemsten Weg zum Aufsteigen einschlägt, parallel den Scheiten, und zwar vom unverkohlten Theile derselben nach dem verkohlten, hinbewegen, also ganz wie es die Regel 1. verlangt. Die Verbrennungs- und Zersetzungs-Produkte nehmen ihren Ausweg durch *a*, *b*,..., wozu ihnen die Zone der noch festsitzenden verkohlten Scheitstücke einen offenen Weg bietet; denn man sieht leicht ein, daß diese Zone verhältnißmäßig die größten Zwischenräume im ganzen Meiler enthalten muß. Jene Produkte werden daher aus dem Meiler entführt, ohne mitten durch die bereits gebildeten Kohlen zu strömen, wodurch die Anforderung der Regel 2. erfüllt wird.

Während der Periode des Zubrennens unterhält man, vermittelst der angebrachten Fußraumlöcher und höher liegenden Raumlöcher, einen verstärkten Luftstrom, dessen Richtung aber im Wesentlichen ganz dieselbe ist, wie die so eben angedeutete. Indem sich also auch jetzt die unverbrannte Luft vom unverkohlten Theile des Meilers nach dem verkohlten, konischen Kerne hinbewegt, nimmt letzterer allmälig an Umfang zu und die Zersetzungs- und Verbrennungs-Produkte strömen auf dem gedachten Wege nach den oberen Raumlöchern hin. Folglich geht die Verkohlung auch in der Periode des Zubrennens möglichst übereinstimmend mit den drei aufgestellten Regeln vor sich.

Mängel der Mlr.-Verk.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, daß es hauptsächlich nur die erste Abtheilung des Meiler-Processes — die Periode des Schwitzens — ist, welche an wesentlichen Mängeln leidet, und aus diesem Grunde einer Verbesserung bedarf. Wäre es möglich einem Meiler einen glühenden verkohlten Kern, ungefähr von der in Fig. 56 angegebenen Gestalt, zu verschaffen, ohne daß man der Luft hierbei einen Zutritt ins Innere des Meilers zu gestatten brauchte, so hätte die Meilerverkohlung ihre größtmögliche Vollkommenheit erreicht. Der Brune'schen Anzündungs-Methode liegt wohl dieser Gedanke zu Grunde, allein sie führt denselben nur theilweise aus; denn wenn auch das zunächst der glühenden Eisenscheibe befindliche Holz durch bloße Hitzwirkung verkohlt und in Brand gesetzt wird, so kann doch die weitere Ausbreitung des Feuers nach oben den Luftzug nicht entbehren. Näher, sollte man glauben, käme man dem Ziele, wenn man den Meiler durch Erhitzung einer, die Stelle des Quandels einnehmenden, eisernen Röhre in Brand brächte; allein ein solcher Versuch ist bereits (auf dem Harze) angestellt worden, ohne daß der Ausfall den Erwartungen entsprach. Vielleicht gelangte man zu einem besseren Resultate, wenn man diese Methode des Ansteckens mit der Brune'schen combinirte, d. h. den Meiler auf einer Eisenscheibe errichtete, von deren Centrum aus sich ein hohler eiserner Cylinder erhöbe, welcher die zwiefache Funktion von Quandel und Esse erfüllte. Etwa die oberen zwei Drittheile dieses Cylinders könnten mit zahlreichen kleinen Oeffnungen versehen seyn. Den Meiler könnte man auf die gewöhnliche Art richten, nur dürfte man nicht versäumen, außer rings um den Cylinder, auch in der Haube leicht brennbare Stoffe anzubringen; das Decken des Meilers würde jedoch einige Abweichungen von der gewöhnlichen Methode erfordern. Sowohl der oberste Theil der Haube als die Seitenflächen des Meilers, letztere bis auf die Meilerstätte, wären mit einer möglichst dichten und festgeschlagenen Decke zu versehen; etwas oberhalb des Hauben-Saumes — da wo die Oberfläche der Haube flächer zu werden anfängt — müßte dagegen ein ringförmig um den oberen Theil des Meilers laufender Raum von wenigstens 2 Fuß Breite entweder gänzlich unbedeckt gelassen oder nur ganz leicht — mit einer lockeren grünen Decke — bedeckt werden, um den einzigen Ausweg für die aus dem Meiler entweichenden Gase zu bilden *). Durch Anzündung des Brennmaterials unter der Eisenscheibe würde sowohl diese als der, zugleich als Esse dienende, eiserne Cylinder erhitzt werden. Hätte man die Feuerung auf solche Weise eine Zeit lang fortgesetzt, so wäre die obere Mündung des Cylinders nach und nach zu bedecken und endlich ganz zu verschließen, wodurch man den

Vorschlag zur Abhülfe dieser Mängel.

*) Siehe weiter unten: Die Meilerverkohlung zu Hiflau in Steyermark. —

von dem Feuerheerde aufsteigenden Luftstrom allmälig nöthigen würde, durch die in den Wänden des Cylinders angebrachten Oeffnungen in den Meiler einzudringen und hier seinen Weg nach dem ringförmigen unbedeckten Theile der Haube hin zu nehmen. Dadurch breitete man die Verkohlung auch im oberen Theile des Meilers aus. Erst wenn alle Gefahr des Schüttelns vorüber wäre, und es sich zu erkennen gäbe, daß die ganze Haube von der Verkohlung ergriffen sey, müßte jener ringförmige Raum ebenfalls mit einer dichten Decke, der Fuß des Meilers so wie der obere Saum aber mit Raumlöchern versehen werden. Zu gleicher Zeit wäre das Feuer auf dem Heerde unter der Eisenscheibe — durch festes Verschließen der dahin führenden Luftkanäle — zu löschen. Der weitere Gang des Processes könnte dann der gewöhnliche seyn. — Daß bei einer derartig auszuführenden Verkohlung noch verschiedene Schwierigkeiten, unter denen ich nur die zweckmäßige Construktion des eisernen Apparates nennen will, zu überwinden seyn würden, läßt sich nicht in Abrede stellen. Die Kostbarkeit eines Verkohlungs-Apparates kann bei Hüttenwerken, welche jährlich bedeutende Kohlen-Quanta auf festen Meilerstätten produciren, nicht eben hoch in Anschlag gebracht werden, wenn es sich darum handelt, anstatt der gewöhnlichen 23 Gew.-Proc., durchschnittlich 26 Gew.-Procent Kohlen aus dem Holze zu gewinnen, also die Kohlen-Produktion um ungefähr 3 Proc. zu erhöhen. —

Was verbrennt in einem Meiler.

Der Holzverkohlungs-Proceß in Meilern ist, wie wir gesehen haben, als eine trockne Destillation zu betrachten, bewirkt durch die theilweise Verbrennung des im Meiler aufgeschichteten Holzes. **Welcher** Bestandtheil des Holzes wird bei dieser theilweisen Verbrennung aber vorzugsweise verzehrt? Ist es ein Theil der durch höhere Temperatur aus dem Holze entwickelten brennbaren Zersetzungs-Produkte, oder ist es ein Theil der gebildeten Kohle, oder sind es beide zusammen? Wir haben in dem Vorhergehenden stillschweigend bereits das letztere angenommen; ob wir dabei keinen Fehler begingen, wird jetzt die nähere Betrachtung zeigen.

Ebelmen's Versuche und Theorie.

Ebelmen hat sich mit Untersuchungen beschäftigt, welche die Lösung dieser wichtigen Frage zum Gegenstande haben. Der Gang und die Resultate seiner Untersuchungen, so wie die von ihm daraus gezogenen Schlüsse sind in dem Folgenden in Kürze zusammengestellt. — Es erschien **Ebelmen** vor Allem von Wichtigkeit, die sich aus einem in Brand gesetzten Meiler entwickelnden Gase genauer kennen zu lernen. Er sammelte daher, während der verschiedenen Perioden der Verkohlung, Quantitäten derselben auf, und unterwarf sie der Analyse. Die hierbei gefundenen Zusammensetzungen giebt die folgende Tabelle an.

	Zeit der Auffammlung des Gases nach d. Anstecken d. Mlrs.	Aeußere Beschaffenheit des Gases.	Bestandtheile des Gases in 100 Vol.-Thln.			
			C̈	Ċ	H	N
(1)	48 Stunden	Weiß und fast undurchsichtig	25,57	8,68	9,13	56,62
(2)	72 »	Weiß und undurchsichtig	26,68	9,25	10,97	53,40
(3)	96 »	Weiß und undurchsichtig	27,23	7,67	11,64	53,46
(4)	66 »	Weiß und durchscheinend	23,51	5,00	4,89	66,60
(5)	71 »	Beinahe durchsichtig	23,28	5,88	13,53	57,31
(6)	95 »	Bläulich und fast durchsichtig	23,08	6,04	14,11	55,77
	(Gase aus einem anderen Meiler.)					
(7)	96 »	Weiß und undurchsichtig	25,89	9,83	9,28	55,50
(8)	18 » nach dem Schwitzen	Weiß und undurchsichtig	28,34	15,17	8,87	47,62
	(Gase aus einem dritten Meiler.)					
(9)	36 » nach dem Schwitzen	Bläulich und durchsichtig	21,26	5,18	8,84	64,72

Die Temperatur der aus dem ersten Meiler entweichenden Gase war, dicht unter der Meilerdecke, 230 — 260° C. Außerdem wurde die Quantität der condensablen Zersetzungs-Produkte (Wasser, Theer, u. s. w.) bestimmt, welche die Gase mit sich führten. Drei Versuche ergaben:

1 Litre (= 55,9 Cub.-Zoll Rheinld.) Gas von folgender Beschaffenheit enthielt an condens. Zers.-Prod.

(A)	Weiß und fast undurchsichtig . .	0,987 Grammes
(B)	Von ähnlicher Beschaffenheit . .	1,068 »
(C)	Bläulich und fast durchsichtig . .	0,531 »

Ferner untersuchte **Ebelmen** die gasförmigen Produkte, welche man bei der trocknen Destillation des Holzes in gußeisernen Cylindern erhält. Ein Cylinder von ungefähr $8\frac{1}{2}$ Zoll innerem Durchmesser und $4\frac{3}{4}$ Fuß Länge wurde mit 6 Zoll langen Holzstücken gefüllt und in einem Ofen bis zum kirschrothen Glühen erhitzt. Es entwickelte sich bald viel Wasserdampf, dann ein Rauch von stechendem Geruche. Die Erhitzung wurde während $1\frac{1}{2}$ Stunde fortgesetzt, und während dieser Zeit zweimal Gas zur Analyse aufgefangen, nämlich:

	Zeit der Auffammlung des Gases.	Aeußere Beschaffenheit des Gases.	Bestandtheile des Gases in 100 Vol.-Thln. $\ddot{C}$	$\dot{C}$	N und H	Verlust.
10)	½ Stunde nach dem Anfang d. Erhitzung.	Weiß und fast undurchsichtig: riecht stechend; ist nicht entzündbar.	44,9	36,8	16,8	1,5
11)	20 Minuten nach dem Beginn der eigentlichen Verkohlung.	Von ähnlicher Beschaffenheit; ist aber leicht entzündlich und brennt mit blauer Flamme.	29,2	24,9	44,2	1,7

Aus 1 Litre des ersten Gasgemenges (10) wurden 2,812 Grammes condensabler Zersetzungs-Produkte erhalten (D).

An die hier mitgetheilten analytischen Resultate knüpft Ebelmen folgende Betrachtungen. Angenommen, daß aller Sauerstoff der in das Innere des Meilers eintretenden atmosphärischen Luft keinen Theil der flüchtigen Zersetzungs-Produkte — weder der gasförmigen, noch der dampfförmigen — verbrennte, sondern einzig und allein von der bereits gebildeten Kohle verzehrt würde, und zwar auf die Weise, daß bei dieser Verbrennung nur Kohlensäure (kein Kohlenoxyd) entstände: so könnten sich die bei der Meilerverkohlung entwickelten gasförmigen Zersetzungs-Produkte, außer durch ihren von der atmosphärischen Luft herrührenden Stickstoffgehalt, nur dadurch von denen der Retorten-Verkohlung verschieden zeigen, daß erstere eine größere Menge von Kohlensäure enthielten als letztere. Brächte man daher bei den Gasen der Meilerverkohlung sowohl den Stickstoff als den von der Verbrennung der Kohle herrührenden Theil der Kohlensäure in Abzug, so würde, wenn obige Annahme richtig wäre, ein Gasgemenge übrig bleiben, von derselben Zusammensetzung wie das bei der Retorten-Verkohlung entwickelte. Jenen Theil der Kohlensäure, welcher seinen Sauerstoff der in den Meiler eingedrungenen atmosphärischen Luft verdankt, kann man nun leicht bestimmen; denn sein Sauerstoff muß zu dem im Gasgemenge vorhandenen Stickstoff in demselben Verhältnisse stehen, in welchem beide Gase in der atmosphärischen Luft enthalten sind. Man braucht also, schließt Ebelmen weiter, in den oben angegebenen Analysen der Meilergase (1 — 9) nur sämmtlichen Stickstoff und eine Quantität Kohlensäure in Abzug zu bringen, deren Sauerstoff mit dem Stickstoff in dem erwähnten Verhältnisse steht, und man wird in den Stand gesetzt seyn, die Annahme, von welcher wir bei dieser Betrachtung ausgingen, auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Führt man diese Subtraktion aus, so erhält man beim:

Gasgemenge:	Als Rest: (S)				(R) in 100 Vol.-Thln.:		
	$\ddot{C}$	$\dot{C}$	H	Summa.	$\ddot{C}$	$\dot{C}$	H
(1)	10,70	8,68	9,13	28,51	37,5	30,4	32,1
(2)	12,66	9,25	10,67	32,58	38,8	28,4	32,8
(3)	13,06	7,67	11,64	32,37	40,3	23,6	36,1
(4)	6,02	5,00	4,89	15,91	37,8	31,4	30,2
(5)	8,23	5,88	13,53	27,64	29,8	21,2	49,0
(6)	8,46	6,04	14,11	28,61	29,6	21,1	49,3
(7)	11,32	9,33	9,28	29,93	37,8	31,2	31,0
(8)	15,84	15,17	8,87	39,88	39,7	38,0	22,3
(9)	4,32	5,18	8,84	18,34	23,5	38,2	48,3

Zur bequemeren Vergleichung mögen hier die bereits oben angeführten Zusammensetzungen der bei der Retorten-Verkohlung entwickelten Gasgemenge daruntergesetzt werden.

	(R') $\ddot{C}$	$\dot{C}$	H
(10)	44,9	36,8	16,8
(11)	29,2	24,9	44,2

Ebelmen findet zwischen den Zusammensetzungen (R) und (R') eine genügende Uebereinstimmung, um berechtigt zu seyn, auf die Richtigkeit der ursprünglichen Voraussetzung zu schließen; er nimmt demnach an, bewiesen zu haben: daß die ganze Wärmemenge, welche sich bei der Meilerverkohlung entwickelt und als die Ursache eben dieser Verkohlung betrachtet werden muß, ausschließlich durch Verbrennung eines Theiles der bereits gebildeten Kohle erzeugt wird, während sämmtliche flüchtige Zersetzungs-Produkte — sowohl Gase als verdampfte Flüssigkeiten — der Verbrennung entgehen.

Eine der ersten Fragen, welche sich hierbei aufdrängt: ob denn, wie es der eben ausgesprochene Satz verlangt, bei der Meilerverkohlung eine gleiche relative Menge von flüssigen Zersetzungs-Produkten erhalten wird wie bei der Retorten-Verkohlung? hat Ebelmen durch die schon erwähnten Versuche (A), (B), (C) und (D) zu beantworten gesucht. Zu Anfang der Meiler-Verkohlung oder doch an Stellen des Meilers, wo sich aus den Raumlöchern ein weißer, dicker Rauch entwickelte, erhielt er aus 1 Litre solchen Gases das eine Mal (A) 0,987 Grm., das andere Mal (B) 1,068 Grm., durchschnittlich also 1,028 Grm. flüssiger Produkte; zu Anfang der Retorten-Verkohlung wurden 2,812 Grm. solcher Flüssigkeiten aus 1 Li-

tre Gas erhalten. Um diese Resultate mit einander vergleichen zu können, ist es nothwendig, von dem 1 Litre der Meilergase den Stickstoff und Sauerstoff der atmosphärischen Luft, so wie den zu Kohlensäure verbrannten Kohlenstoff zu subtrahiren. Die Colonne (S) zeigt, daß der, den Anfang der Verkohlung an den betreffenden Stellen des Meilers anzeigende weiße, undurchsichtige Rauch, in den Versuchen (1), (2), (3) und (8) nur 28,5, 32,6, 33,4, 29,9 und 39,9, durchschnittlich also 32,7 Vol.-Proc. Gase geliefert hat, welche mit denen der Retorten-Verkohlung zu vergleichen sind. Jene 1,028 Grm. Flüssigkeiten, welche aus 1 Litre Meiler-Gasen condensirt wurden, befanden sich also eigentlich — atmosphärische Luft und verbrannter Kohlenstoff in Abzug gebracht — in 0,327 Litre unvermengtem Gas dem Retorten-Gase entsprechend; folglich enthielt 1 Litre jenes Gases $\frac{1,028}{0,327} = 3,144$ Grm. Flüssigkeiten, was den in 1 Litre Retorten-Gasen gefundenen 2,812 Grm. ziemlich nahe kommt. Zu einer Vergleichung des Flüssigkeits-Gehaltes der betreffenden Gase gegen das Ende der Verkohlung bot sich kein Anhaltspunkt, da dieser Gehalt bei den Retorten-Gasen nicht ermittelt wurde.

Kritik d. Ebelmen'schen Vers. u. Theorie.

Man ersieht aus der gegebenen Darstellung, daß sich Ebelmen's Beweis auf zwei Punkte stützt, 1) auf die gleiche Zusammensetzung der Meiler- und Retorten-Gase, sobald von ersteren die atmosphärische Luft und der verbrannte Kohlenstoff in Abrechnung gebracht werden, und 2) auf die gleiche Quantität der condensablen Flüssigkeiten in beiden Gasgemengen. Inwieweit der erste dieser Punkte durch Ebelmen's Untersuchungen erwiesen ist, erfahren wir durch eine Vergleichung der Ziffer-Colonnen (R) und (R′). Groß ist die Aehnlichkeit derselben wohl nicht zu nennen; sie wird aber noch zweifelhafter, wenn man berücksichtigt, daß vielleicht alle Zahlen derselben Correktionen unterliegen müssen. Bunsen und Playfair haben nämlich gezeigt (Report of the 15th meeting of the British Assoc. for the adv. of sc., June 1845, pag. 142), daß die von Ebelmen angewendete analytische Methode — Verbrennung der Gase in einem Apparate, wie er bei organischen Analysen gebräuchlich ist — sehr leicht zu Irrthümern Veranlassung geben kann, und daß dies der Grund ist, warum Ebelmen bei seinen Analysen von Hohofen-Gasen keinen Kohlenwasserstoff (Grubengas), sondern nur Wasserstoff gefunden hat. Derselbe Grund könnte nun möglicherweise auch im vorliegenden Falle eine Rolle spielen, und zwar um so eher, da das Nichtvorhandenseyn des Grubengases in den Meiler- und Retorten-Gasen noch unwahrscheinlicher ist, als in den Hohofen-Gasen. Daß gewöhnliche Meilerkohlen, bei starker und anhaltender Erhitzung, ein Gasgemenge entwickeln, welches 11 — 20 Procent Grubengas enthält, haben Bunsen und Playfair

durch genaue Versuche bewiesen. Trotz der Zweifel, welche hierdurch gegen die Richtigkeit der betreffenden Ebelmen'schen Analysen erweckt werden müssen, wollen wir aber gleichwohl annehmen, die erforderliche Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Meiler- und Retorten-Gase sey wirklich vorhanden. Es wird jetzt folglich Alles auf den zweiten Punkt ankommen. Diesen hat Ebelmen, obgleich derselbe von nicht geringerer Wichtigkeit als der erste ist, nur durch so wenige Versuche erläutert, daß man billig an ihrer Beweiskraft zweifeln kann. So lange es aber nicht mit Sicherheit ausgemacht ist, daß die Meiler-Gase dieselbe relative Menge condensabler Zersetzungs-Produkte mit sich führen wie die Retorten-Gase, kann aus einer Aehnlichkeit in der Zusammensetzung beider Gasgemenge, in Betreff des zu liefernden Beweises, keine Stütze entnommen werden. Dies wird folgende Betrachtung darthun.

Die bei beiden Arten der Verkohlung entwickelten Zersetzungs-Produkte bestehen, wenn wir das Grubengas unberücksichtigt lassen, aus Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff, die flüssigen hauptsächlich aus Wasser und Theer. Der Theer ist aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt. Wir können uns dies durch folgendes Schema veranschaulichen:

Gasförmige Zers.-Prod.			Flüssige Zers.-Prod.	
1) $\ddot{C}$	2) $\dot{C}$	3) H	4) $\dot{H}$	5) C,H,O (Theer).

Es möge nun angenommen werden, daß diese fünf Hauptbestandtheile der Zersetzungsprodukte ursprünglich — im Momente ihrer Entwickelung — bei der Meiler-Verkohlung in demselben relativen Verhältnisse zu einander stehen, wie bei der Retorten-Verkohlung, daß darauf aber die Meilergase folgenden Veränderungen unterworfen seyen. 1) Wollen wir uns eine Quantität derselben durch Einwirkung der atmosphärischen Luft verbrannt denken. Aus einem Theile $\dot{C}$ entsteht $\ddot{C}$, aus einem Theile H entsteht $\dot{H}$, aus einem Theile Theer wird sowohl $\ddot{C}$ als $\dot{H}$ gebildet. Die ursprünglichen Quantitäten der Kohlensäure und des Wassers werden folglich hierdurch vermehrt, die des Kohlenoxydes, Wasserstoffs und Theers dagegen vermindert. 2) Da in jedem Meiler unleugbar ein Theil der bereits gebildeten Kohle, und zwar, aller Wahrscheinlichkeit nach zu Kohlensäure verbrennt, so erhält dieses Gas hierdurch einen zweiten Zuwachs seiner ursprünglichen Menge. 3) Indem es nicht denkbar ist, daß alle einmal entstandene Kohlensäure und aller Wasserdampf jeder Einwirkung der glühenden Kohlen im Meiler entgehen, d. h. daß kein Theil der ersteren hierdurch in Kohlenoxyd, und kein Theil der letzteren in Kohlensäure und Wasserstoff umgewandelt werden sollte, so sind wir genöthigt anzunehmen, daß die Kohlensäure abermals eine Vermehrung, aber auch eine Ver-

minderung erleidet, Kohlenoxyd und Wasserstoff aber einen Zuwachs erhalten. Diese verschiedenen Vermehrungen und Verminderungen der einzelnen Bestandtheile lassen sich folgendermaßen übersichtlich darstellen.

	$\ddot{C}$	$\dot{C}$	H	$\dot{H}$	C, H, O (Theer.)
1) Durch theilweise Verbrennung der Zers.-Prod.	+	÷	÷	+	÷
2) Durch Verbrennung eines Theiles der Meilerkohle:	+				
3) Durch Einwirkung der glühenden Kohlen auf Wasserdampf und Kohlensäure:	±	+	+	÷	

Die Veränderungen, welchen die Meilergase hinsichtlich des ursprünglichen Verhältnisses ihrer Bestandtheile unterworfen sind, beruhen also bei der Kohlensäure im Ganzen auf 3 Quellen der Vermehrung und 1 Quelle der Verminderung, beim Kohlenoxyd, Wasserstoff und Wasser auf 1 Quelle der Vermehrung und 1 der Verminderung, und beim Theer nur auf 1 Quelle der letzten Art. Folglich ist die Möglichkeit vorhanden, daß ein großer Theil der Zersetzungs-Produkte im Meiler verbrennen kann, und daß dennoch die dem Meiler entströmenden Gase — außer durch ihren von der atmosphärischen Luft herrührenden Stickstoffgehalt — sich nur dadurch von den Retorten-Gasen verschieden zeigen, daß sie 1) einen größeren Gehalt an Kohlensäure besitzen, und 2) eine geringere Menge von Theer bei sich führen. Man sieht sogar ein, daß der Sauerstoff-Gehalt dieses Kohlensäure-Ueberschusses zum vorhandenen Stickstoff nahe in demselben Verhältnisse stehen wird, in welchem beide Gase in der atmosphärischen Luft enthalten sind. Vollkommen genau muß dies der Fall seyn, wenn sich durch die Einwirkung der glühenden Kohlen auf den Wasserdampf eben so viel Kohlensäure erzeugt, als die glühenden Kohlen von diesem Gase in Kohlenoxyd umwandeln. Die genaue relative Gewichts-Bestimmung der bei der Meiler- und Retorten-Verkohlung gebildeten flüssigen Zersetzungs-Produkte, ganz besonders aber der Theer-Mengen, ist mithin eine unerläßliche Bedingung, wenn man auf dem von Ebelmen eingeschlagenen Wege zum Ziele kommen will. Allein es fragt sich noch, ob eine solche Bestimmung ausführbar sey. Bei der Retorten-Verkohlung, wo die ganze, von einer abgewogenen Quantität

Holz entwickelte Theermenge aufgesammelt werden kann, wollen wir dies zugeben; wie will man aber die in einem *Meiler* erzeugte Theermenge bestimmen? Es könnte scheinen, daß die Ermittelung der *absoluten* Theermenge nicht erforderlich sey, sondern daß es genüge, sich der *correspondirenden Beobachtungen* bei beiden Verkohlungsarten zu bedienen und dadurch die *relativen* aufzufinden; dies erweist sich jedoch bei näherer Betrachtung als vollkommen unrichtig. Erhitzt man Holz in einer kleinen Retorte, wie sie *Ebelmen* anwendete, so läßt sich annehmen, daß jeder Theil des austretenden Gases annähernd diejenige Theermenge mit sich führt, welche er bei seiner ursprünglichen Entwicklung enthielt; ganz anders verhält es sich aber hiermit in einem Meiler. Während einer längeren Zeit nach dem Anzünden desselben enthalten die aus dem Meiler entweichenden Gase eine bedeutend *geringere* relative Theermenge als im Momente ihrer Entwickelung, weil ein großer Theil der condensablen Zersetzungs-Produkte, durch die den brennenden Kern des Meilers umgebende, noch wenig erwärmte Holzmasse, tropfbar flüssig niedergeschlagen wird*). In dieser Condensation besteht ja eben das »Schwitzen« des Meilers. Gegen das Ende der Schwitz-Periode, und sogar noch während des »Treibens« werden die angehäuften Flüssigkeiten, in Folge der höheren Erwärmung des ganzen Meilers, wieder ausgetrieben; folglich müssen die zu dieser Zeit austretenden Meilergase eine bedeutend *größere* relative Theermenge als ursprünglich mit sich führen. — Außerdem ist es zu bedenken, daß die ganze in einer kleinen Retorte erhitzte Holzmasse ziemlich gleichmäßig in der Verkohlung fortschreitet, während in einem Meiler gleichzeitig alle Stufen der Verkohlung vorhanden sind. Jeder Stufe der Verkohlung entspricht aber ein besonderes Verhältniß zwischen den gasförmigen und flüssigen Zersetzungs-Produkten, ja sogar zwischen den Bestandtheilen der gasförmigen. Alle diese verschiedenen Gemenge, welche aus einer Retorte *nach einander* austreten, strömen bei einem Meiler mehr oder weniger *mit einander* aus. Eine genaue Parallelisirung der Meiler-Gase mit den Retorten-Gasen, wie sie bei correspondirenden Beobachtungen verlangt wird, ist unter solchen Umständen durchaus unerreichbar.

Daß bei der Meiler-Verkohlung kein Theil der flüchtigen Zersetzungs-Produkte, sondern einzig und allein Kohlenstoff vom Feuer verzehrt werden sollte, stellt sich in der That schon a priori als eine Unmöglichkeit heraus. Wenn man den Hergang eines solchen Processes aufmerksam durchläuft,

*) *Ebelmen* giebt selbst an, daß er bei seinem vorerwähnten Versuche. die Aufbrechung eines im Treiben stehenden Meilers betreffend, alle noch nicht verkohlten Holzscheite von *Theer geschwärzt* fand.

findet man in demselben keinen Umstand, welcher brennbare, bis über 200° C. erhitzte Gasgemenge in einem Meiler gänzlich vor Verbrennung beschützen könnte. Dazu würde wenigstens eine mehr als künstliche Luft-Circulation erforderlich seyn. Man müßte voraussetzen, daß sich an allen Stellen, wo Kohle verbrennte, keine der gedachten gas- und dampfförmigen Stoffe befänden. Aber selbst mit einer so eigenthümlichen Luft-Circulation wäre es noch nicht abgemacht. Bekanntlich enthält jede Meilerkohle, die beste nicht ausgenommen, noch eine Quantität Wasserstoff, welche nicht durch die Verkohlung ausgetrieben wurde. Wenn nun solche Kohlen — und es giebt deren im Meiler von einem weit beträchtlicheren Wasserstoff-Gehalte — verbrennt, sollte da ihr Wasserstoff nicht mit verbrennen?

Wieviel verbrennt in einem Meiler? Endlich erweist sich die Ebelmen'sche Theorie auch noch von folgender Seite als eine irrthümliche. Es ist früher gezeigt worden, daß die Meiler-Verkohlung durchschnittlich etwa 23, die langsame Retorten-Verkohlung 26 Gew.-Proc., erstere also ungefähr 3 Gew.-Proc. weniger als letztere, Kohlenausbeute giebt. Hieraus folgt, daß, wenn Ebelmen's Ansicht die richtige wäre, der ganze bei der Meiler-Verkohlung entwickelte Wärme-Effekt ausschließlich dem Verbrennen dieser 3 Gew.-Proc. Kohle zugeschrieben werden müßte. Die mäßigste, beweislich viel zu niedrige Veranschlagung jenes Effektes zeigt jedoch schon, daß hierzu 6 Gew.-Proc. Kohle noch zu wenig seyn würden*) und daß folglich eine bedeutende Quan-

*) Genau kann eine solche Berechnung, wegen mangelnder Daten, nicht ausgeführt werden; es läßt sich aber zeigen, daß 6 Proc. ein bedeutend zu niedrig veranschlagtes Minimum ist. Von den in einem Meiler vor sich gehenden Hitzwirkungen wollen wir nur folgende zwei in Betracht ziehen. 1) Die Entwicklung sämmtlicher flüchtiger Zersetzungs-Produkte und ihre Erhitzung bis zu einem gewissen Grade, 2) die Erhitzung der gebildeten — nach beendigter Verkohlung in glühendem Zustande zurückgelassenen — Holzkohle. Was den ersten Punkt betrifft, so läßt sich derselbe folgendermaßen näher bestimmen. Lufttrocknes Holz kann, sowohl hinsichtlich des Gewichts-Verhältnisses seiner Bestandtheile als in Bezug auf seinen absoluten Wärme-Effekt, aus 40 Gew.-Proc. Kohlenstoff und 60 Gew.-Proc. Wasser bestehend betrachtet werden. Man kann sich also vorstellen, daß die Wärmemenge, welche dazu gehört, das Holz durch trockne Destillation in Kohle und flüchtige Zersetzungs-Produkte zu zerlegen, ungefähr der Wärmemenge gleich kommt, welche erfordert wird, um 60 Proc. Wasser zu verdampfen. Dies kann wohl nicht leicht zu hoch angeschlagen seyn, denn obgleich man bei einer trocknen Destillation des Holzes weniger als 60 Gew.-Proc. Wasser erhält, so beträgt doch die ganze Quantität der flüchtigen Zersetzungs-Produkte 74 Gew.-Proc., sobald nämlich 26 Gew.-Proc. Holzkohlen erbeutet werden. Jene 60 Proc. Wasser werden aber nicht bloß verdampft, sondern der gebildete Wasserdampf erlangt eine beträchtlich höhere Temperatur als 100° C. Ebelmen fand dieselbe bei den dem Meiler entströmenden Gasen = 230° — 260° C. Ihre mittlere Höhe möge jedoch

tität flüchtiger Zersetzungs-Produkte bei der Meiler-Verkohlung verbrennt.

Nach Stolze geben die Laubhölzer bei der trocknen (Retorten-) Destillation 9 — 10 Gew.-Proc., die Nadelhölzer 13 — 14 Gew.-Proc. Theer. Abgesehen davon, daß die Meiler-Verkohlung keine so vollständige Aufsammlung des Theers gestattet wie die Retorten-Verkohlung, wird die Theer-Ausbeute bei der ersteren, zufolge der beigebrachten Thatsachen, beträchtlich geringer seyn müssen.

---

nur auf 230° C. gesetzt werden. Diesen Wärmegrad erreicht aber nicht bloß der Wasserdampf — welcher bei unserer Annahme sämmtliche flüchtige Zersetzungs-Produkte repräsentirt — sondern auch der Stickstoff der in den Meiler eingeströmten Luft, deren Sauerstoff die Verbrennung bewirkte. Um ganz sicher zu seyn, daß unser Minimum-Anschlag nicht zu hoch ausfällt, möge dieser keineswegs unwesentliche Umstand unbeachtet bleiben. Was den zweiten der oben gedachten beiden Punkte angeht, so erfordert dieser die Erhitzung von etwa 23 Gew.-Proc. Kohlen — die Ausbeute bei der Meiler-Verkohlung — bis zum Glühen. Auch hier möge die Annahme eine beweislich zu geringe seyn, nämlich eine Erhitzung der Kohlen bis auf 500° C. angenommen werden. Um die Rechnung zu erleichtern, wollen wir uns erlauben, allen hier zu erhitzenden Stoffen eine ursprüngliche Temperatur von 0° C. beizulegen, zugleich aber daran erinnern, daß es wahrscheinlich sogar richtiger wäre, das im Holze chemisch gebundene Wasser — in Bezug auf die zu seiner Verdampfung nöthige Wärmemenge — als Eis zu betrachten. Wir beschränken also die zur Meiler-Verkohlung erforderliche Hitzwirkung:

1) auf die Verdampfung von 60 Proc. Wasser von 0°, und Erhitzung des gebildeten Wasserdampfes von 100° bis auf 200° C.

2) auf die Erwärmung von 23 Proc. Holzkohlen von 0° bis auf 500° C.

Wieviel Procent Kohle müssen nun verbrennen, um einen solchen Effekt hervorzubringen? Es werden erfordert:

1)	um 60 Gwthle. Wasser von 0° bis auf 100° C. zu erhitzen . . .	$60 \times 100 =$	6000 W.-Einh.
	um 60 Gwthle. Wasser von 100° C. in Wasserdampf von 100° C. zu verwandeln	$5\frac{1}{2} \times 60 \times 100 = 33000$	»
	um 60 Gwthle. Wasserdampf von 100° C. bis auf 200° C. zu erhitzen (die spec. Wärme des Wasserdampfs = 0,847) . . .	$0{,}847 \times 60 \times 100 = 5082$	»
2)	um 23 Gwthle. Holzkohle von 0° bis auf 500° C. zu erhitzen (die specifisch. Wärme der Holzkohle = 0,24)	$0{,}24 \times 23 \times 500 = 2760$	»
		Summa	46842 W.-Einh.

Da nun 1 Gwthl. trockne Holzkohle durch die bei ihrer Verbrennung entwickelte Wärme 75 Gwthle. Wasser von 0° bis auf 100° C. zu erhitzen mag, was einem absoluten Wärme-Effekt von 7500 Wärme-Einheiten entspricht,

Da der Theer einen hohen Wasserstoffgehalt, folglich auch einen großen absoluten Wärme-Effekt besitzt, so läßt sich erwarten, daß 1 Gwthl. Theer bei der Verbrennung nicht viel weniger Wärme entwickelt, als 1 Gwthl. Holzkohle. Rechnen wir aber zu der von 1 Gwthl. Theer erzeugten Wärmemenge noch diejenige hinzu, welche durch Verbrennung einer entsprechenden Quantität der gasförmigen Zersetzungs-Produkte (Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff) hervorgebracht wird, so dürfte die Summe dieser Wärmemenge jedenfalls nicht kleiner seyn, als die durch 1 Gwthl. Holzkohle entwickelte. Wir sind daher berechtigt anzunehmen (s. die Berechnung in der Anmerkung), daß bei der Meiler-Verkohlung gewiß nicht unter 3 Proc. Theer, also ungefähr der vierte Theil der ganzen Menge desselben, verbrannt werden. Die Meiler-Verkohlung ist hierdurch vor dem Vorwurfe gesichert, die flüchtigen Brennstoffe unbenutzt aus dem Holze entweichen zu lassen. Allerdings aber könnte es sich vielleicht lohnen, auf eine Methode zu sinnen, bei welcher eine noch größere Quantität dieser Stoffe der Meiler-Verkohlung als Brennmaterial zu Gute kommen könnte. Versuche, durch den bei einem Meiler verloren gehenden Brenn- und Wärmestoff einen zweiten Meiler zu verkohlen, sind schon angestellt worden, aber bis jetzt ohne den gewünschten Erfolg. — Hierher gehören auch wohl v. Mayrhoffer's im Kleinen angestellte Versuche (Berg- und hüttenm. Ztg., Jhrg. 2, S. 20.) über eine Verkohlung mit Anwendung der Gebläseluft. Nach den oben entwickelten allgemeinen Principien ist es in hohem Grade wahrscheinlich, daß ein Gebläsestrom sehr viel dazu beitragen kann: die zur Meilerverkohlung erforderliche Temperatur so viel wie möglich durch Verbrennung der flüchtigen Zersetzungs-Produkte, so wenig wie möglich aber durch Verbrennung der bereits gebildeten Kohle hervorzubringen. Allerdings aber wird hierbei Alles auf die Richtung und Stärke des Luftstromes ankommen. Jedenfalls dürfte dieser Gegenstand eine Prüfung durch fortgesetzte Versuche verdienen. —

Neuere Methoden der Meilerverk.

Besonders während der letzten Decennien ist die Meiler-Verkohlung der Gegenstand zahlreicher Versuche gewesen, welche Verbesserungen dieses Processes, besonders ein vermehrtes Kohlenausbringen, zum Zwecke hatten. Nur die Mittheilung einiger dieser Verbesserungen ist bereits in dem Vorhergehenden bei Gelegenheit benutzt worden, andere derselben sind in dem Folgenden beschrieben.

---

so würden folglich $\frac{46842}{7500} = 6{,}25$ Gwthle. Holzkohle erforderlich seyn, um die verlangte Wirkung hervorzubringen. Es müßten mithin, wenn die sämmtliche in einem Meiler entwickelte Wärme der Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure zugeschrieben werden sollte, 6¼ Procent von den bereits gebildeten Holzkohlen verbrennen. Daß dies bedeutend zu gering veranschlagt ist, kann, da mehrere Ursachen der Wärme-Consumption gar nicht in Betracht gezogen wurden, keinem Zweifel unterliegen.

Meilerverk. zu Hiflau.

Die Meiler-Verkohlung zu Hiflau in Steyermark, wie dieselbe von **Foy**, **Gruner** u. **Harlé** (Ann. d. mines, 3ième sér., T. VII. p. 3.) dargestellt worden ist, unterscheidet sich, obgleich sie im Ganzen der gewöhnlichen wälschen nahe steht, in einigen Punkten sehr wesentlich von derselben. Da diese Abweichungen, zum Theil wenigstens, gut motivirt erscheinen, und da man in Hiflau zugleich auch eine hohe Kohlenausbeute (26 Gew.-Proc.) erreicht, so dürften dieselben wohl einer allgemeineren Beachtung werth seyn.

Das in Hiflau zur Verkohlung angewendete Holz ist gewöhnlich Rundholz; es besteht meist in Kloben von 6 — 7 Fuß Länge und einer Dicke bis zu 15 Zoll und sogar darüber. Doch pflegt man so starke Kloben einmal zu spalten. Ein Meiler faßt in der Regel 15000 — 16000 Cub.-F. solchen Holzes. — Die Meilerstätten erhalten ein Fundament von Steinen, auf welchen man eine Lage kleiner Geschiebe und darüber eine Schicht Sand ausbreitet; nur wenn sehr trocknes und zugleich gespaltenes Holz verkohlt werden soll, bedeckt man den Sand noch mit einer Thonschicht. Im Centrum wird die Meilerstätte um $1/_{72}$ ihres Durchmessers höher gemacht als an ihrer Peripherie. — Der Quandelschacht wird, wie gewöhnlich, aus drei Stangen (von 3 Zoll Dicke) hergestellt. Hierauf belegt man die Meilerstätte mit 12 — 18 Z. von einander entfernten Holzstücken von 4 — 5 Z. Stärke, deren Längenaxen mit den vom Quandel auslaufenden Radien zusammenfallen. Auf diese unterste Holzlage kommt eine zweite, aus dicht an einander gerückten Kloben bestehend, welche sich mit den unteren kreuzen. Hierdurch wird eine Art von **Rost** gebildet, auf welchem man den Meiler richtet. Zunächst dem Quandel werden die Kloben fast ganz senkrecht gestellt, zunächst der Peripherie erhalten sie eine Dossirung von ungefähr 60°. Ueber der unteren Etage wird eine zweite errichtet, in welcher die Kloben dieselbe Neigung erhalten wie in der ersten. Darauf bildet man die Haube aus dünneren und kürzeren Holzstücken, die man nicht ganz horizontal, sondern vom Quandel etwas abschüssig legt. In dem obersten Theile der Haube bringt man eine Quantität Brände an, und bedeckt darauf die ganze Haube sehr sorgfältig mit trocknem kleinen Holze. Der Quandelschacht erhält zunächst seiner Mündung eine trichterförmige Gestalt, indem er sich auf 2 F. Höhe bis zu 3 F. Durchmesser erweitert. — Zur Meilerdecke wird angefeuchtete, fein pulverförmige Kohlenlösche genommen. Um einen Meiler von 12000 Cub.-F. Inhalt zu decken, gebraucht man 3600 Cub.-F. (nach **Wehrle**, 2400 Cub.-F.) Lösche und 462 Eimer Wasser, sowohl zum Befeuchten der Lösche als zum späteren Auslöschen der Kohlen u. s. w. dienend. Das Decken beginnt am Fuße des Meilers. Man bewirkt denselben, **ohne den gewöhnlichen ringförmigen Fußraum offen zu lassen, mit einer 2 F. dicken, möglichst festgeschlagenen Löschschicht.** Nach der Haube zu nimmt die Dicke des Löschbewurfes bis auf

1 F. ab. Bevor man die obere Hälfte der Decke — etwa von der halben Höhe des Meilers bis zur Haube — aufträgt, hat man hier eine rings um den Meiler laufende, gut haltbare Rüstung von Brettern angebracht, welche nicht bloß den oberen Theil der Decke tragen, sondern auch den Arbeitern das Gehen auf derselben gestatten soll, was ihnen Erleichterung bei gewissen ihrer Arbeiten gewährt. Die Haube wird mit einer möglichst lockeren, nur 9 Z. starken Löschschicht bedeckt. — Das Anstecken eines so vorgerichteten Meilers geschieht folgendermaßen. Zuerst wird der Quandelschacht bis zu 3 F. unter seiner Mündung mit kleinem Holze angefüllt, dann eine Schicht großer Kohlen daraufgeschüttet, einiges angezündete Holz darübergelegt und dies wieder mit unangezündetem bedeckt. Ist letzteres hinreichend in Brand gekommen, so füllt man den noch übrigen leeren Theil des trichterförmigen Schachtendes mit großen Kohlen. Der Quandelschacht wird hierauf im Verhältnisse als diese Kohlen von selbst oder durch Einbringen der Füllstange niedersinken, wiederholt mit neuen Kohlen gefüllt. Sobald es sich zu erkennen giebt, daß der ganze Inhalt des Quandelschachtes in Brand gesetzt ist, so bedeckt man die Schachtmündung mit einem konischen Kohlenhaufen (König), welcher inclusive einer 3 Z. starken Löschschicht, etwa 2 F. Höhe und 4 F. Durchmesser erhält. Dies geschieht gewöhnlich 2 Stunden nach der Einbringung des Feuers in den Quandelschacht. An der veränderten Beschaffenheit jenes Kohlenhaufens erkennt der Köhler, wann es nöthig ist, eine neue Füllung zu geben. — Einige Tage nach dem Anstecken — bei trocknem Holze nach 3 — 4 Tagen, bei nassem zuweilen erst nach 6 Tagen — entwickelt sich ein dunkler Rauch, welcher besonders lebhaft während der Füllarbeit aus dem Quandelschachte strömt und den Beginn einer Periode anzeigt, während welcher der Meiler, bei dieser Führungsart des Processes, am meisten dem Werfen ausgesetzt ist. Um die nicht zu vermeidenden Explosionen weniger schädlich zu machen, müssen die Dämpfe einen leichteren Abzug als zuvor erhalten. An dem ganzen Umkreise des flächeren Theils der Haube wird deshalb jetzt die Kohlenlösche in einer Breite von 2 F. bis auf eine Dicke von 3 Z. weggeharkt, und innerhalb der dadurch gebildeten dünn bedeckten Ring-Fläche zu einem flachen Kegel aufgehäuft, dessen Axe mit der des Königs zusammenfällt. Der dunkle Rauch strömt jetzt lebhaft ringsum um den Fuß dieses Kegels empor, verändert aber nach und nach seine Beschaffenheit. Etwa nach 18 Stunden pflegt er weißlich und ziemlich durchsichtig geworden zu seyn. Nun ist es Zeit die Haube mit einer 15 Z. starken, fest geschlagenen Löschdecke zu versehen; zugleich aber bringt man an ihrer Peripherie eine ringsum laufende Reihe, 2 F. von einander entfernter Raumlöcher an. Entströmt diesen ein blauer Rauch, so werden sie geschlossen, und 9 Z. unter ihnen wird eine ähnliche Reihe eröffnet. Während dieser ganzen Zeit wird täglich zweimal gefüllt. Ist die Verkohlung bis

in die untere Etage gedrungen, so nimmt man die nun nicht mehr nöthige Rüstung weg, vermindert die Stärke der Decke am Fuße des Meilers bis auf $1^1/_2$ F., vermehrt dagegen die Stärke der oberen Decke, so weit diese auf bereits verkohltem Holze liegt. Ist man beim Zubrennen mit den Raumlöchern so weit vorgeschritten, daß sich dieselben nur noch 3 F. von der Meilerstätte entfernt befinden, so wird auch unmittelbar am Fuße eine Reihe von Zugöffnungen angebracht. — Ein Meiler von 46 F. Durchmesser gebraucht, je nach der Trockenheit des angewendeten Holzes und der Beschaffenheit der Witterung, 4—5 Wochen, mitunter auch wohl 6 Wochen zur Erreichung der Gaare.

Eigenthümlichkeit dieser Meilerverkohlung.

Eine Haupt-Eigenthümlichkeit dieses Meiler-Processes besteht, wie man aus der Beschreibung ersieht, in der vollständigen und möglichst dichten Bedeckung des Meilerfußes während der Schwitz-Periode, was den in dieser Hinsicht herrschenden Annahmen gerade zuwiderläuft. Die zur Verbrennung nöthige Luft wird dem Meiler theils von unten durch die lockere Meilerstätte, theils von oben durch die dünne Haubendecke zugeführt. Ob sich das Feuer auf diese Weise so schnell ausbreitet, wie in einem gewöhnlichen Meiler (mit unbedecktem Fuße), ist zu bezweifeln; allein wenn dies auch langsamer vor sich gehen sollte, so hat man den Vortheil einer besseren Erwärmung des Holzes vermittelst der im Meiler mehr zurückgehaltenen, nicht durch Vermischung mit kalter Luft abgekühlten Dämpfe. Daß man bei einer solchen Führung des Processes anfangs keinen Explosionen ausgesetzt ist, scheint zu beweisen, daß die früher eintretenden Explosionen bei den gewöhnlichen Meilern mehr von der in beträchtlicher Menge einströmenden, als von der ursprünglich im Meiler vorhandenen Luft herrühren. Zugleich dürfte sich ergeben, daß die größte Gefahr des Werfens zur Zeit eintritt, wo der Meiler so weit ausgewärmt ist, daß der zuvor in demselben condensirte Theer sich wieder verflüchtigt. Letzteres scheint der erwähnte dunkle, lebhafte Rauch anzudeuten, welcher dem Köhler das Zeichen zum theilweisen Entblößen der Haube giebt. — Einer mit der hiflauer Meiler-Verkohlung übereinstimmenden Kohlungs-Methode bedient man sich zu Neusohl in Ungarn.

Meilerverk. zu Reinhardswalde.

Pfort hat in den Studien d. Götting. Ver., Bd. 4, Hft. 1, S. 59, die Beschreibung einer modificirten Art der Meiler-Verkohlung geliefert, welche hier mit des Verfassers Worten wiedergegeben werden soll.

Die Meilerstätte wird horizontal ausgestrichen und in ihrer Mitte ein 2—3 Z. starker, 3 F. langer Quandelpfahl fest und so eingerammt, daß derselbe $1^1/_2$—2 Fuß über die Stätte herausragt; auf denselben wird dann eine 12—15 Fuß lange und 1 Fuß starke Welle*) von Buschholz

*) Unter »Welle« versteht man in mehreren Gegenden Deutschlands einen Reisigbündel.

lothrecht aufgesteckt und so zugerichtet, daß zunächst um dieselbe, etwa 6 F. hoch, ganz kleines, nur 2 — 3 Z. starkes Holz zu stehen kommt. Uebrigens wird der Meiler auf gewöhnliche Weise gerüstet und gut ausgeschmaltet. Die Fußrüstung bringt man etwa 1 F. hoch über der Meilerstätte an, damit die 3 — 4 Zoll starke Laubdecke nicht herunterrutscht. Auf diese Laubdecke kommen Büsche, und auf diese werden etwa 12 F. lange Rüstbäume in einer gegenseitigen Entfernung von 2 F. in der Peripherie des Meilers aufgelegt, um die Laubdecke in ihrer ganzen Höhe festzudrücken. Alsdann wird die 4 — 5 Zoll starke Erddecke aufgeworfen und mit dem Schlagbrette so fest und dicht wie möglich angeschlagen. Unter die Fußrüstung kommt kein Laub, sondern die gröbste Erddecke. — Nun erst, nachdem der Meiler allerseits fest zugemacht ist, schreitet der Köhler zum Anstecken, indem er eine Schüppe voll glühender Kohlen auf die aus der Meilerhaube ragende Buschwelle legt, welche sofort anbrennt. Sobald das Feuer 2 Fuß an der Welle heruntergebrannt ist, wird die dadurch entstandene Oeffnung mit kleinem Holze oder Quandelkohlen nachgefüllt. Der Meiler bleibt oben offen, bis das Feuer 6 F. tief an der Welle heruntergebrannt ist ($^3/_4$ — 1 Stunde), alsdann aber wird er wieder nachgefüllt und zugemacht. Nach 2 Stunden hat das Feuer die Meilerstätte erreicht, worauf der Meiler mit kleinem Holze oder Quandelkohlen vollgefüllt werden muß. So füllt man den Meiler gewöhnlich noch zweimal, und giebt ihm Abends (12 St. nach dem Anstecken) die ersten Räume in der halben Meilerhöhe dicht über dem Holzwechsel (Saum), und zwar zwischen je zwei Rüstbäumen eins. In der Regel soll der Meiler erst 24 St. nach dem Anstecken die ersten Räume bekommen, jedoch ist dies nicht immer nöthig und richtet sich nach den übrigen Umständen. Am zweiten Tage des Morgens wird gefüllt, ebenso des Abends, zu welcher Zeit kleinere Meiler schon zu schwitzen pflegen, größere erst am dritten Tage. Dieses Nachfüllen geschieht dann regelmäßig 6 Tage lang des Morgens und Abends, später nur alle 24 Stunden. Während des Füllens werden die Raumlöcher nur dann zugemacht, wenn sich das Feuer mehr nach einer Seite ziehen sollte, sonst bleiben dieselben stets offen. Während der ganzen Verkohlungszeit wird die Meilerdecke mit dem Schlagbrette fortwährend sehr fest angeklopft, damit das Feuer, besonders beim Füllen, nicht Gelegenheit findet, unter loser Decke sich in den Umfang des Meilers zu ziehen. Zieht die erste Reihe Raumlöcher nicht, so wird gleich am zweiten Tage noch eine zweite Reihe gestochen, am dritten Tage die dritte, jede etwa $^3/_4$ F. von der anderen entfernt, und so bleibt der Meiler im Feuer, bis die erste Reihe im ganzen Umkreise des Meilers blau geht (bläulichen dünnen Rauch entwickelt); alsdann wird diese erste zugemacht und eine andere Reihe unter die dritte gestochen u. s. w. Nach 6 — 8

Tagen bringt man die Fußräume an, und wenn die zweite Reihe der Räume ebenfalls blau geht, macht man sie fest zu, nimmt die Rüstbäume ab, hält den Meiler außer den vorgeschriebenen Raumlöchern fortgesetzt dicht und fest verschlossen, so daß an keinem anderen Orte des Meilers außer aus diesen Räumen Dampf hervordringen kann. Die Gaare wird wie gewöhnlich geführt, und der Haufen kohlt bis dahin $2^1/_2$ — 3 Wochen. Ist der Fuß ausgekohlt und der Meiler gaar, so wird derselbe in der Art rein gemacht (abgeputzt), daß man, außer dem Abharken der Erd- und Laubdecke, die Kohlen in 6 Fuß hohen Streifen mit einem Busche sauber abkehrt und nun erst mit feinem Gestübe wieder bewirft und abkühlt. — Nur selten hat ein auf diese Art verkohlter Meiler eine unregelmäßig konische Gestalt. Die besonderen Vorzüge dieser Köhlerei bestehen aber darin, daß man 1) bei keinem anderen Verfahren die Feuerführung während der eigentlichen Verkohlungs-Periode so in seiner Gewalt hat und dem Feuer den Weg so vorschreiben kann, wie bei dem beschriebenen; 2) daß man nur äußerst selten Nebenfüllen, das sogenannte Sengeln niemals und stets eine gleichmäßige Verkohlung rings um den Meiler erhält; 3) daß man dichtere und bessere Kohlen deshalb erschwält, weil das Feuer sich anfänglich weder zu sehr nach der Brust, noch nach einer Seite des Meilers zieht und bei dem sonst sehr gleichförmigen Gange alles Schmoren vermieden wird; 4) erhält man weniger Quandelkohlen. Die übrigen Vorzüge bei der Behandlung und Wartung gehen aus dem Verfahren selbst hervor. Bei einer Größe der Meiler von 3750 bis 4500 Cub.-F. hat man bei dieser Verkohlungs-Methode aus Buchen-Scheitholz und Knüppelholz eine Ausbeute von 60,8 bis 61,79 Proc. (Gemäß-Volum) vorzüglicher Kohlen gehabt.

Vergleichung beider Methoden.

Bei der Vergleichung der reinhardswalder Verkohlungs-Methode mit der hißlauer findet man das Uebereinstimmende: daß beide durch einen von oben in Brand gesetzten Quandel die Verkohlung in dem am Fuße und an den Seiten möglichst dicht verschlossenen, an der Haube aber mehr oder weniger geöffneten Meiler ausbreiten. Beiden Verfahrungsarten liegt das Princip zu Grunde: die zur Verkohlung erforderliche Temperatur hauptsächlich durch Verbrennung des Füllmaterials zu erzeugen, die eigentliche Meilerkohle aber unausgesetzt, sogar während der Schwitz-Periode, möglichst gegen den Verbrand zu schützen und deswegen den Luftzutritt von unten zu vermeiden. Daß man dieses Ziel, bis zu einem gewissen Grade wenigstens, erreicht, ist nicht zweifelhaft; aber eben so wenig zu bezweifeln dürfte es seyn, daß man bei einem derartigen Verfahren die Kohle der Einwirkung der Kohlensäure und der Wasserdämpfe in höherem Grade aussetzt, als dies bei der gewöhnlichen Meiler-Verkohlung der Fall ist. Es ist jedoch mög-

lich, daß letztere Einwirkung nicht so kohleverzehrend ist, wie die der atmosphärischen Luft. —

Vorbemerk. hinsichtl. der anderen Verk.-Arten.

Die Meiler-Verkohlung bildet trotz aller Versuche, dieselbe durch einen noch vortheilhafteren Proceß zu ersetzen, bis jetzt für den Metallurgen den ungleich wichtigsten Holzverkohlungs-Proceß. Aus diesem Grunde wurde dieselbe hier mit größerer Ausführlichkeit abgehandelt, als solches in Bezug auf die übrigen Verkohlungsarten geschehen wird. Ueberdies sind die Principien, welche einem guten Verkohlungs-Proceß zu Grunde liegen müssen, bei allen Kohlungsarten die nämlichen. Also auch das Theoretische wird in dem Folgenden nur kurzer Andeutungen bedürfen. —

β. Haufen-Verkohlung.

Aeußere Gestalt eines Haufens.

Die Haufen, in denen das Holz bei dieser Art der Verkohlung aufgeschichtet wird, haben im Allgemeinen eine länglich parallelepipedische Gestalt, doch macht man sie an einem Ende — dem vorderen Ende oder Fuße — niedriger als an dem entgegengesetzten — dem hinteren oder Kopfende, auch »Segel« genannt —, damit die am Fuße eingeleitete und nach dem Kopfe hin fortschreitende Verkohlung, in dem Maaße als die Temperatur im Inneren des Haufens steigt, sich allmälig über größere Holzmassen ausbreite. Ein solcher Haufen wird mit einer ähnlichen Decke versehen, wie ein Meiler. Zum Festhalten derselben an den lothrechten Seitenwänden des Haufens sind besondere Vorrichtungen erforderlich.

Dimensionen eines Haufens.

Die Größe der Haufen ist dem Gutachten und den Umständen anheimgestellt. Man pflegt ihnen eine Breite (die Stärke der Decke nicht mitgerechnet) von 6—12 F. und eine Länge von 20—60 F., ja zuweilen bis 80 Fuß zu geben. Ihre Höhe am Kopfende beträgt gewöhnlich 6—10 F., selten darüber und dann wohl nie über 15 F.

In der Regel bedient man sich des Rundholzes, der Kloben, nur in seltenen Fällen des Scheitholzes zur Haufen-Verkohlung. Man wendet Kloben von 6—8 F., zuweilen auch von 10—12 F. Länge an*). Die Dicke desselben kann einige Zolle bis 1 F. betragen, doch verkohlt man in großen Haufen auch noch dickere Kloben, ohne sie zu spalten. Es ist anzurathen, einen Haufen aus Kloben sehr verschiedenen Durchmessers aufzuschichten, weil dies dem Köhler das Ausfüllen der Zwischenräume erleichtert. Ferner begünstigt es die Ausbreitung des Feuers, wenn man, wenigstens bei Hölzern, die mit einer dicken, schwer brennbaren Rinde versehen sind, entrindete Kloben anwendet. Das Entrinden der Stämme wird am zweckmäßigsten gleich nach der Fällung vorgenommen, damit das

---

*) Diese 6—12 F. langen Kloben oder Stämme werden in Steyermark und in einigen anderen Gegenden Süd-Deutschlands »Drehlinge« genannt.

Holz so viel wie möglich Zeit zum Austrocknen gewinnt. Welch ein außerordentlicher Unterschied in Bezug auf die zur Austrocknung nöthige Zeit zwischen entrindetem und berindetem Holze stattfindet, hat af Uhr (Berättelse om Kolnings-Försök, Åren 1811—1813, p. 18) gezeigt. Zu gleicher Zeit, im Juni, gefällte Nadelholzstämme von verschiedener Länge hatten durch Austrocknen unter einem Schoppen durchschnittlich verloren bis Ende

	Juli		August		September		October	
Entrindete Stämme.	34,53	—	38,77	—	39,34	—	39,62	Procent von ihrem
Berindete Stämme .	0,41	—	0,84	—	0,92	—	0,98	ursprüngl. Gewichte.

Während also das entrindete Holz nach etwa 3 Monaten schon völlig lufttrocken war, betrug der Feuchtigkeits-Verlust des berindeten während dieser Zeit kaum 1 Procent. Kürzere berindete Kloben werden allerdings etwas mehr austrocknen, aber während eines Sommers jedenfalls nicht hinreichend.

Auswahl und Vorbereit. de Kohlstätte

In Bezug auf die Auswahl des Ortes, wo die Haufen-Verkohlung vor sich gehen soll — die Kohlstätte oder Kohltenne —, gelten im Allgemeinen dieselben Vorschriften, welche bei der Meiler-Verkohlung gegeben wurden; doch ist es weniger nothwendig, dieselben bei ersterer so streng zu befolgen wie bei letzterer. Der Boden braucht nicht vollkommen horizontal zu seyn; Kohlstätten von 5—15° Neigung werden von vielen Köhlern den horizontalen vorgezogen. Auch hinsichtlich des Schutzes gegen den Wind ist es bei einer Haufen-Kohlstätte nicht so genau zu nehmen wie bei einer Meilerstätte, da die Art der Haufen-Bedeckung sehr zu diesem Schutze beiträgt. Die Kohlstätte wird stets einige Fuß ringsum weiter ausgeebnet, als es der Grundriß des unbedeckten Haufens verlangt. Gewöhnlich bedeckt man sie mit einer Schicht Kohlenlösche.

Aufschichten des Haufens.

Noch ehe man den Haufen aufschichtet, werden, parallel mit den langen Seiten seines Grundrisses und etwa $^1/_2$—1 F. davon entfernt, zwei Reihe Pfähle oder Stangen in den Boden eingetrieben, welche später zum Festhalten der Decke an den senkrechten Seiten des Haufens dienen sollen. Bei einer Breite des Haufens von z. B. 8 F. müssen diese Reihen also etwa 9—10 F. von einander entfernt seyn. Der Abstand zwischen je zweien Pfählen oder Stangen einer Reihe pflegt 2—4 F. zu betragen. Die am Fußende befindlichen können, wegen der hier geringeren Höhe des Haufens, kürzer seyn als die oberen. Darauf schreitet man zur Herstellung der Holzunterlage, welche dem Haufen gegeben werden muß, theils um die untersten Kloben von der Kohlstätte entfernt zu halten und dadurch der Bildung von Bränden vorzubeugen, theils um den nothwendigen Luftwechsel zu begünstigen. Die Anordnung des Unterlagsholzes ist besonders von der Art abhängig, in welcher der Haufen daraufgeschichtet werden soll.

In einigen Gegenden legt man nämlich die Kloben ihrer Länge nach parallel mit der Längenausdehnung der Kohlstätte, in anderen dagegen quer-über, so daß die Breite des Haufens durch die Länge der Kloben bestimmt wird. Letzteres ist das Gewöhnlichere und Zweckmäßigere, weil die andere Art der Anordnung leicht eine zu starke Luftströmung vom Fuße nach dem Kopfe verursacht. Welche dieser beiden Aufschichtungsarten man nun wählt, so müssen die Unterlagshölzer eine Richtung erhalten, welche sich mit der der darüber liegenden Kloben rechtwinklich kreuzt; bei der erwähnten zweckmäßigeren Art des Aufschichtens legt man dieselben also parallel mit den Pfahlreihen. Man wählt hierzu 4 — 6 Z. dicke, vorzugsweise lange Kloben und bildet aus denselben 2 — 4 gleich weit von einander entfernte Reihen, von denen die äußersten so viel Abstand erhalten, als es die Länge der quer darauf zu placirenden Kloben zuläßt. Das Aufschichten der letzteren geht sehr leicht von statten. Gewöhnlich befindet sich das zur Verkohlung bestimmte Holz nahe am Kopfende der Kohlstätte aufgeklaftert, und man braucht daher nur einige glatte und hinreichend lange Stämme von dem Klafter niederwärts nach der Kohlstätte hin zu legen, um eine schiefe Ebene zu bilden, auf welcher die Kloben leicht fortzubewegen sind. In dem Maaße, als der Haufen an Höhe zunimmt, das Klafter aber niedriger wird, verändert man natürlich den Neigungswinkel der schiefen Ebene. Bei dieser Ueberführung der Kloben vom Klafter nach dem Haufen und bei ihrer ferneren Fortbewegung durch Ziehen und Rollen, bedient man sich langer Stangen, welche (ganz wie die gewöhnlichen »Flößhaken«) vorn sowohl mit einer gerade stehenden als mit einer hakenförmig gekrümmten eisernen Spitze versehen sind. Ein Ausschmalten des Haufens, ähnlich wie bei einem Meiler, wird in der Regel nicht vorgenommen; man sucht nur dünne und dicke Kloben so zu vertheilen, daß sie möglichst geringe Zwischenräume lassen, und bringt die schwächsten Hölzer in den Fuß des Haufens. Das Kopfende erhält gewöhnlich keine senkrechte Endfläche, sondern eine mehr oder weniger steile Dossirung. Ist jedoch ersteres der Fall, so wird auch diese Seite des Haufens mit einer Pfahlreihe versehen. Der völlig aufgeschichtete Haufen wird mit dünn gespaltenem Holze oder auch mit Zweigstücken geschlichtet. Die Fig. 57 zeigt einen Haufen, dessen Aufschichtung beendet ist.

Fig. 57 a.



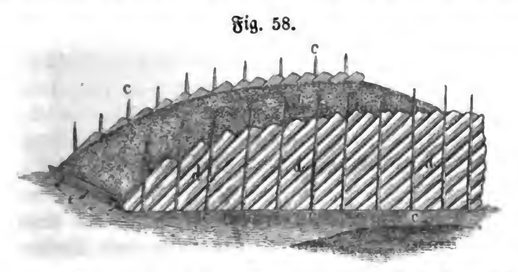
a, a, a..., die Unterlagshölzer, von denen nur 2 Reihen vorhanden sind. Diese Art der Haufen ist zu Neuberg in Steyermark ge-

bräuchlich. Man giebt denselben 7 — 10 Klafter Länge und 8 F. Breite. Ein 7 Klafter langer Haufen faßt etwa 7½ Cub.-Klftr. Holz. Haufen von 10 Klftr. Länge hält man, in Bezug auf die Kohlenausbeute, für die vortheilhaftesten.

Decken des Haufens.

Man beginnt das Decken an den langen, senkrechten Haufenwänden, indem man Schwarten, gespaltenes Holz oder dergleichen an die inneren Seiten der Pfahlreihen lehnt und zwischen diesen und den Haufenwänden Lösche einrammelt. Zuweilen bringt man dazwischen auch grünen Reisig von Laub- oder Nadelholz an, um die Lösche mehr zusammenzuhalten. Ist die Erdfläche des Kopfendes senkrecht, also ebenfalls mit einer Pfahlreihe versehen, so giebt man ihr eine gleiche Bedeckung. Der übrige Theil des Haufens erhält eine gewöhnliche Meilerdecke. Hat das Kopfende eine steile Dossirung, so bringt man hier, zum besseren Festhalten der Decke, 1 oder 2 Rüstungen an. Ein bedeckter steyrischer Haufen ist in der folgenden Figur abgebildet.

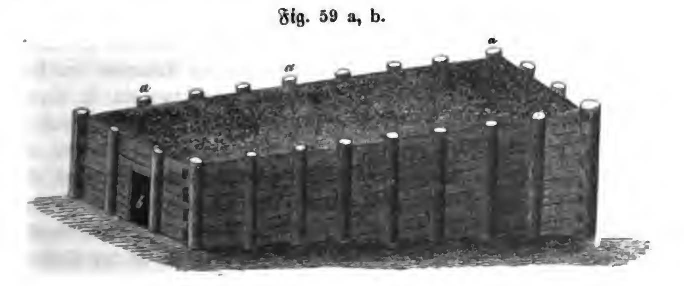
Fig. 58.



c, c, c . . ., Stangen der beiden Stangenreihen; *d, d, d* . . ., schräg aufgestellte Schwarten zum Festhalten der Decke an den langen Seitenwänden des Haufens; *b*, die obere Decke (das Dach); *e*, eine Art von Rüstung am Fußende, welche man erst anbringt, wenn der Haufen angezündet ist.

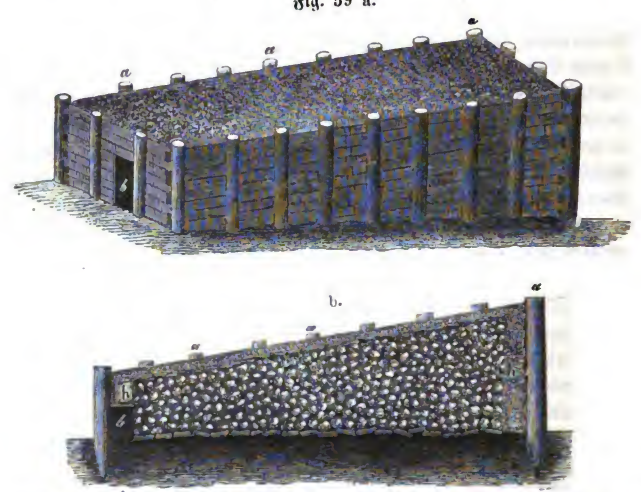
Eine andere Art von Haufen zeigt Fig. 59 *a, b* in der perspectivischen Ansicht und im senkrechten Durchschnitte.

Fig. 59 a, b.



$a, a, a\ldots$ Pfähle von verschiedener Länge, welche den Haufen von allen vier Seiten umgeben und mit den an sie gelegten, dünn gespaltenen Holz-

Fig. 59 a.



b.

stücken die Holzdecke des Meilers bilden; *b*, ein für das Anzünden des Haufens ausgesparter Raum, welcher eine entsprechende Oeffnung in der Holz- und Löschdecke der Fußwand hat; *h*, die Löschdecke.

Anzünden d. Haufens.

Die Anzündung eines Haufens geschieht stets am Fußende, woselbst man bereits während des Aufschichtens einiges leicht entzündliche Brennmaterial angebracht hat, welches man durch Einschütten glühender Kohlen unter die äußersten Kloben in Brand setzt. Dies geht um so leichter vor sich, da die Oeffnung, durch welche die Kohlen eingeschüttet wurden, eine Zeit lang unbedeckt bleibt. Bemerkt man, daß ein licht bläulicher Rauch nahe bei der Stelle des Anzündens durch die Decke dringt, so wird die Zündöffnung durch Bewerfen mit Lösche oder dergleichen geschlossen, zugleich aber bringt man an der vorderen Seite des Fußendes eine horizontale Reihe von 3 — 4 Raumlöchern, jedes von etwa ein Z. Durchmesser an, welche dazu dienen, das Feuer noch eine Weile lebhaft zu unterhalten und schnell weiter zu treiben. Bei einem Haufen mit senkrechter Fußwand, wie Fig. 56, müssen dieselben ungefähr $^5/_4$ F. über der Kohlstätte liegen; man stößt sie zwischen den Spalten der Holzdecke durch die Lösche bis auf's Holz. Diese Raumlöcher werden geschlossen, sobald ein dünner lichtgrauer Rauch durch die obere Decke des Fußendes

zu bringen anfängt. Nun beginnt der eigentliche Proceß der Verkohlung, oder vielmehr die Verbreitung derselben vom Fuße nach dem Kopfe des Haufens. Gleich nachdem die Raumlöcher an dem vorderen Fußende geschlossen wurden, wird an jeder der langen Seitenwände eine neue Reihe derselben geöffnet. In welcher Entfernung vom Fußende dies geschehen muß, ist davon abhängig, wie weit das Feuer bereits vorgeschritten ist. Kein Raumloch darf nämlich an einer Stelle durchgestoßen werden, an welcher das Holz in Brand steht, sondern immer ein Stück weiter nach dem Kopfende hin. Gewöhnlich kann man die erste, aus 3 — 4 Oeffnungen bestehende Raumlochreihe (an jeder der langen Seitenwände) in 6 — 7 Fuß Entfernung vom Fußende anbringen, d. h. in dieser Entfernung und etwa 2 F. über der Kohlstätte wird eins der Raumlöcher gestoßen, daneben aber — weiter nach dem Kopfe hin — stößt man gleichzeitig 2 — 3 andere. Der Abstand zwischen den einzelnen 3 — 4 Löchern einer Reihe pflegt 1 — 1¼ F. zu betragen. Entweder macht man die Reihe horizontal oder parallel mit der Schräge der oberen Decke. Solche Raumlochreihen führt man nach und nach, die eine dicht hinter der anderen, an beiden langen Seitenwänden bis zum Kopfende hin, indem die ältere geschlossen wird, sobald der daraus aufsteigende lichtgraue Rauch die Halbgaare des zunächst liegenden Holzes andeutet, die neue aber unmittelbar nach dem Schließen der älteren angelegt wird. War die erste Raumlochreihe horizontal, so giebt man auch den anderen diese Richtung, führt sie aber, im Verhältniß der Schräge der oberen Decke, treppenartig aufwärts. Außer diesen Raumlöchern sind jedoch noch andere, tiefer liegende erforderlich. Auch diese führt man reihenweise und in ähnlicher Art, aber stets dicht an der Kohlstätte entlang. Die erste Reihe derselben, aus 2—3 Oeffnungen bestehend, wird angelegt, sobald die erste Reihe der oberen Raumlöcher geschlossen ist; sie kommt senkrecht unter letzterer zu liegen. Auf ganz gleiche Weise verfährt man mit den folgenden Reihen der unteren Raumlöcher. Es befinden sich folglich während der ganzen Verkohlungsdauer an jeder der langen Haufenseiten stets zwei Raumlochreihen offen, eine untere und eine obere, erstere aber stets um etwa die Länge einer oberen Reihe dem Fußende näher liegend als letztere. — Die Vorschriften, nach welchen die Raumlöcher in einem Haufen angebracht werden, weichen an verschiedenen Orten mehr oder weniger von einander ab; stets aber will man den nämlichen Zweck dabei erreichen: die Verkohlung vom Fuße des Haufens allmälig nach dem Kopfe hinzuführen, und zwar dergestalt, daß das Feuer unter der oberen Haufendecke fortwährend um 5 — 6 F. weiter fortgerückt ist, als unmittelbar über der Kohlstätte. Die Grenzfläche, welche das verkohlte Holz vom unverkohlten trennt, ist also eine schiefe Ebene, welche vom Dache — von der oberen Decke — des

Kohlung d. Haufens.

Haufens nach der Kohlstätte gegen den Fuß hin fällt. Der Grund, aus welchem man die Verkohlungsgrenze auf diese Art zu leiten sucht, wird später eingesehen werden; man erreicht es am leichtesten, derselben jene schiefe Richtung zu geben, wenn man auch das Dach des Haufens mit — querüber laufenden — Raumlochreihen versieht, was man jedoch gewöhnlich zu vermeiden sucht, da hierdurch ein zu starker Zug entstehen kann. — Ist man mit den oberen Raumlöchern bis an das äußerste Kopfende vorgerückt, so werden dieselben, wie bei einem Meiler, niederwärts geführt, bis sich bei den letzten, dicht an der Kohlstätte befindlichen Oeffnungen die Zeichen der Gaare einstellen.

Besondere Rücksichten bei dieser Kohlung.

Zwei Umstände sind bei der beschriebenen Leitung einer Haufenverkohlung besonders in's Auge zu fassen: 1) das möglichst langsame Fortrücken der Verkohlung und 2) die Beschützung der bereits gebildeten Kohlen vor allem Luftzutritt. Ersteres bewirkt man durch eine hinreichend dichte Kohlstätte, eine gute Decke und eine sorgsame Beaufsichtigung der Raumlöcher, an welche man das Feuer nie zu nahe heranrücken lassen darf. Die Verkohlung sollte niemals schneller geführt werden, als daß sie im Durchschnitte täglich etwa $1^1/_2$ F. — also nicht viel mehr als die Entfernung zweier Raumlöcher von einander beträgt — vorrückt. Der zweite Punkt erfordert das Festschlagen — nach Befinden auch Verstärken und Befeuchten — der über dem bereits vollständig verkohlten Theile des Haufens befindlichen Decke. Nicht selten wird dies mehr oder weniger versäumt, wodurch man die Haufen-Verkohlung gerade eines ihr eigenthümlichen Vortheils beraubt: die gebildeten Kohlen aller ferneren schädlichen Einwirkung, sowohl der Luft als der kohlenverzehrenden Dämpfe und Gase, entziehen zu können.

Kohlenziehen.

Um das Kohlenziehen zu beginnen, ist es, wenigstens bei größeren Haufen, nicht nothwendig, die Verkohlung des ganzen Haufens abzuwarten. Die ersten Kohlen können bereits am äußersten Fußende gezogen werden, wenn der Haufen, seiner Länge nach, ungefähr zur Hälfte verkohlt ist. Man nimmt alsdann täglich so viel Kohlen weg, daß der Haufen dadurch um eben so viel verkürzt wird, als die Verkohlung in 24 Stunden vorwärts schreitet. Dies wiederholte Kohlenziehen muß aber, um die zurückbleibenden Kohlen hierbei keinem nachtheiligen Luftzuge auszusetzen, mit großer Vorsicht geschehen; namentlich müssen sämmtliche Raumlöcher während dieser Zeit geschlossen seyn. Auch ist es gut, das Dach des Haufens vorher etwas zu befeuchten.

Dauer der Verkohlung.

Die Zeit, welche zur Verkohlung eines Haufens von gegebener Länge erfordert wird, kann aus dem bereits Angeführten entnommen werden. Da nämlich das Feuer bei einer richtig geführten Haufen-Verkohlung täglich etwa $1^1/_2$ F. fortrückt, so wird man zur Verkohlung eines Haufens von z. B. 24 F. Länge ungefähr 16 Tage, eines Haufens von 60 F.

Länge gegen 6 Wochen gebrauchen. Zu Neuberg in Steyermark verkohlt man einen Haufen von 7 Klftr. Länge in 4 Wochen.

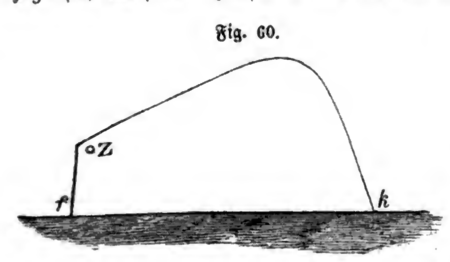
Kohlen-ausbeute.

Ueber die Kohlenausbeute bei der Haufen-Verkohlung giebt es sehr verschiedene Meinungen, aber leider nur wenige Angaben. Es ist daher bis jetzt nicht möglich, das mittlere Ausbringen bei der Haufen-Verkohlung mit solcher Wahrscheinlichkeit wie bei der Meiler-Verkohlung ausfindig zu machen.

1) Nach dem Gewicht.

Bei einem zu Hiflau in Steyermark angestellten Versuche erhielt man 24 Gew.-Proc. Kohlenausbeute; jedoch soll das Ausbringen der steyrischen Haufen-Verkohlung zuweilen bis auf 20 Gew.-Proc. herabsinken. Ein Ausbringen von 20 bis 22 Gew.-Proc. dürfte als ein gewöhnliches angesehen werden können. — Eine Reihe vergleichender Versuche über die Kohlenausbeute (sowohl dem Gewichte wie dem Maaße nach) bei der Haufen-Verkohlung wurde in den Jahren 1811—1813 in Schweden angestellt, und ist von af Uhr in seinem oben citirten Werke (Berättelse om Kolnings-Försök, Stockholm 1814; übersetzt von Blumhof, Gießen 1820) beschrieben worden. Die Haupt-Resultate in Bezug auf das Gewicht-Ausbringen der Haufen-Verkohlung waren folgende. Bei 6 verschiedenen Haufen (Nadelholz) erhielt man 28,1, 27,0, 24,6, 24,5, 28,6 und 28,2 Gew.-Proc. Kohlen, im Durchschnitt also 26,8 Gew.-Proc. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß diese Haufen von wesentlich anderer Construktion waren als die zuvor beschriebenen. Die schwedischen Versuchs-Haufen hatten nämlich (in unbedecktem Zustande) eine Länge und Breite von 24 F. Dieselbe Länge besaßen die zur Verkohlung angewendeten Stämme. Der höchste Theil der Haufen, 12—13 F. hoch, befand sich nicht nahe am äußersten Kopfende *k* (Fig. 60), sondern etwa um 1/3 der ganzen Haufenlänge von diesem entfernt. An dem Fußende *f* betrug ihre Höhe 6 F. Die Kohlstätte hatte ein Ansteigen von 1½—2 F. Im Längendurchschnitte zeigte sich ein solcher Haufen in nebenstehender Contour.

Fig. 60.



Die Anzündung geschah in der Zündgasse *Z*, welche 6 Z. hoch und breit war und parallel mit den aufgeschichteten Stämmen lief; sie befand sich ungefähr 9 Z. von den zunächst liegenden Theilen der Fußwand und oberen Decke entfernt. Alle diese Verhältnisse sind so abweichend von denen der gewöhnlichen Haufen-Verkohlung, daß die bei den schwedischen

meilerartigen Haufen erhaltenen Resultate wohl nicht der Haufen-Verkohlung im Allgemeinen zu Gute kommen können.

2) Nach dem Maaß. a. Nach dem Gemäß-Vol.

Versuche über das Ausbringen nach dem Gemäß-Volum bei der steyrischen Haufen-Verkohlung ergaben zu Hißlau 83,3 Proc., zu Neuberg 80,9 Proc. — Bei den gedachten schwedischen Haufen betrug die Gemäß-Volum-Ausbeute nach af Uhr bei 3 Haufen durchschnittlich 68,9 Proc., bei 8 anderen 73,6 Proc., bei 2 anderen 71,1 Proc. und bei noch 2 anderen 74,5 Proc.

b. N. d. wirkl. Volum.

Zu Neuberg soll man im Durchschnitt ungefähr 55 wirkliche Volum-Procente erhalten. Wehrle giebt die Ausbeute, welche man zu Hißlau von einem Versuchshaufen hat, zu 68,3 Proc. an.

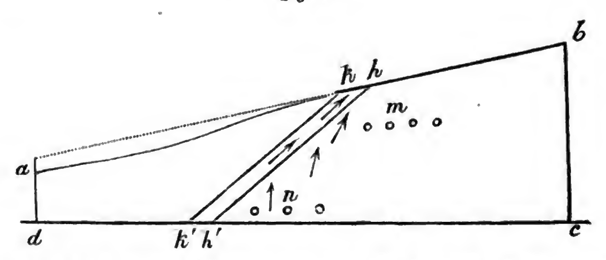
c. N. beiderlei Volum.

Nach af Uhr betrug die mittlere Ausbeute nach beiderlei Volum bei 2 schwedischen Haufen 105,4 Proc., bei 8 dergleichen 106,4 Proc., bei 2 dergl. 108,5 Proc. und bei noch 2 dergl. 110,9 Proc.

Theoret. Rückblick auf d. Haufenverkohl.

Es wurde bereits erwähnt, daß das Bestreben des Köhlers stets dahin gerichtet ist, die Verkohlung am Dache eines Haufens um einige Ellen weiter vorrücken zu lassen, als am Fuße. Denken wir uns also einen in Kohlung stehenden Haufen seiner Länge nach durchschnitten, so wird derselbe, in Bezug auf die Verkohlungsgrenze, etwa folgende Verhältnisse zeigen.

Fig. 61.



abcd, der senkrechte Längendurchschnitt des Haufens. Durch die Linie *kk'* wird die Grenze zwischen den bereits gebildeten Kohlen und dem noch nicht in Kohle umgewandelten Holze angedeutet. Der Theil *akk'd* ist gänzlich mit Kohlen angefüllt, weshalb er sich auch oben mehr oder weniger eingesunken zeigt; die punktirte Linie bezieht sich auf die ursprüngliche Gestalt desselben. In *hbch'* befindet sich mehr oder weniger unverändertes, in der Zone *khh'k'* dagegen in Verkohlung begriffenes Holz. Bei *m* sind vier obere, bei *n* drei untere Raumlöcher geöffnet. Der verkohlte Theil des Haufens *akk'd* ist durch die rings um ihn möglichst dicht geschlagene Decke sowohl der Einwirkung der Luft, als auch der der

kohlenverzehrenden Gase und Dämpfe (Kohlensäure und Wasserdampf) entzogen. Die von unten aufsteigende Luft strömt gegen die schief liegende Verkohlungsgrenze hin, unterhält hier die Verbrennung und bewegt sich dann, im zersetzten Zustande und gemengt mit den Verbrennungs-Produkten, in der Richtung der Zone $khh'k'$ — und größtentheils innerhalb derselben — nach dem Dache des Haufens, um hier theils durch die oberen Raumlöcher, theils durch die lockere Decke einen Ausweg zu suchen. Dies ist im Wesentlichen derselbe Hergang, wie er bei einem im Zubrennen stehenden Meiler stattfindet (s. Theoretischer Rückblick auf die Meiler-Verkohlung). Die Luft bewegt sich also vom unverkohlten Theile des Holzes nach dem brennenden und die flüchtigen Zersetzungs- und Verbrennungs-Produkte nehmen ihren Weg nicht durch die bereits gebildeten Kohlen. Hierdurch sind zwei der früher für die Verkohlung bei Luftzutritt aufgestellten Hauptregeln erfüllt; da man nun auch die dritte dieser Regeln, das langsame Fortschreiten der Verkohlung stets im Auge hat, so sollte man hiernach die Haufen-Verkohlung für einen wenigstens eben so vollkommenen Proceß ansehen wie die Meiler-Verkohlung. Ob dies wirklich mit Recht geschehen kann, soll sogleich näher untersucht werden.

Vergleichung d. Haufenverkohl. mit d. Meilerverkohl. 1) In Bezug auf Kohlenausbeute.

Um einen richtigen Vergleich zwischen der Meiler-Verkohlung und Haufen-Verkohlung anzustellen, ist es nothwendig, auf die 3 Haupt-Perioden der ersteren — Schwitzen, Treiben und Zubrennen — Rücksicht zu nehmen. Obgleich sich bei der Haufen-Verkohlung keine Schwitz-Periode scharf begrenzt herausstellt, so läßt sich ein gewisser Abschnitt dieser Verkohlung mit einer solchen Periode parallelisiren, nämlich derjenige Abschnitt, welcher zwischen dem Eröffnen der ersten Raumlöcher (an der Vorderseite des Fußendes) und dem Schließen derselben liegt. So lange diese Raumlöcher, wegen der schnellen Ausbreitung des Feuers, offen erhalten werden müssen, strömt die Luft durch dieselben ein, trifft hier auf die bereits gebildeten, glühenden Kohlen und bewegt sich von diesen nach dem noch nicht verkohlten Holze hin. Dieselbe regelwidrige Strömung findet, wie wir früher sahen, bei einem schwitzenden Meiler Statt, wenn derselbe von der gewöhnlichen Construktion ist. Allein es ist zu bedenken, daß bei einem Meiler mit unbedecktem oder leicht bedecktem Fuße ein verhältnißmäßig größerer Theil der Kohlen und überdies noch auf längere Zeit diesem Uebelstande ausgesetzt wird, als dies im Allgemeinen bei einem Haufen geschieht. Bei kleinen Haufen von 20 — 25 F. Länge mag sich das Verhältniß allerdings nicht günstiger, vielleicht sogar ungünstiger als bei Meilern stellen; daß aber die großen Haufen von 40 — 60 F. Länge in dem gedachten Abschnitte der Verkohlung weniger Kohlenverbrand erleiden, als letztere während der ganzen Schwitz-Periode, kann nicht zweifelhaft seyn. Wie verhält es sich aber hier-

mit in der Periode des Treibens? Gerade diese Periode, welche die vortheilhafteste des Meiler-Processes ist, fehlt der Haufen-Verkohlung gänzlich. Die Verkohlung geht während derselben fast ohne allen Luftzutritt, fast nur durch die Hitzwirkung des glühenden Kernes vor sich. Was endlich das Zubrennen betrifft, so kann man annehmen, daß sich hierin ein Meiler und ein Haufen, dessen ganze Verkohlung einem Zubrennen zu vergleichen ist, im Effekte ziemlich nahe stehen. Das Resultat dieser Vergleichung ist also, daß ein Meiler, in Bezug auf Kohlen-Erzeugung, während der Schwitz-Periode einen geringeren, beim Treiben dagegen einen größeren Effekt als ein Haufen besitzt. Auf welche Seite sich der absolute Vortheil neigt, kann hieraus natürlich nicht entnommen werden. Wohl sieht man aber die Möglichkeit ein, daß große Haufen eine beträchtlichere Kohlenausbeute zu geben vermögen, als kleine Meiler.

Zu den eben angeführten Resultaten gelangten wir unter der Voraussetzung, daß die Haufen-Verkohlung in so vollkommener Art ausgeführt werden kann, wie sich uns dieselbe theoretisch darstellt; für die Praxis gestaltet sich jedoch hierbei Manches weniger günstig. Es ist einleuchtend, daß die Gefahr des Kohlenverbrandes, welcher eine der Verkohlung bei Luftzutritt ausgesetzte Holzmasse — bilde sie nun einen Meiler oder einen Haufen — ausgesetzt ist, im Allgemeinen von der Größe ihrer Oberfläche abhängig seyn muß. Weder Decke, noch Kohlstätte sind je so dicht, daß sie überall da, wo sie es eigentlich sollten, einen hermetischen Verschluß bilden. Daß das in einem Haufen aufgeschichtete Holz verhältnißmäßig eine größere Oberfläche — Decke und Boden zusammengenommen — besitzt, als das in einem Meiler von gleichem cubischen Inhalte, sagt uns schon die bloße Anschauung. Geht man aber näher hierauf ein und berechnet die Oberflächen-Verhältnisse, z. B. bei einem Meiler von 30 F. Durchmesser und bei einem Haufen, welcher 8 F. Breite, 42 F. Länge und den halben Inhalt jenes Meilers besitzt, so findet man, daß die in dem Haufen eingeschlossene Holzmasse **absolut** etwa eben so viel, **relativ** zu ihrem cubischen Inhalte, aber ungefähr **doppelt** so viel Oberfläche besitzt, als die Holzmasse des Meilers. Um etwas wird jedoch diese verdoppelte Gefahr des Kohlenverbrandes und Wärmeverlustes dadurch vermindert, daß die bereits gebildeten Kohlen, noch ehe die Verkohlung des ganzen Haufens beendigt ist, theilweise aus demselben gezogen werden können.

In Bezug auf andere Umstände.

Obgleich es sich einstweilen nicht mit Sicherheit ausfindig machen läßt, welche von den beiden gedachten Verkohlungsarten — vorausgesetzt, daß beide mit gleicher Sorgfalt ausgeführt werden — in Bezug auf Kohlenausbeute die vortheilhafteste sey, und obgleich es sogar Wahrscheinlichkeit für sich hat, daß dieser Vortheil sich auf die Seite der Meiler-Verkohlung neigt, so ist es doch nicht zu leugnen, daß der Haufen-Verkohlung in manchen

Fällen mit Recht der Vorzug zuerkannt werden muß. Dieselbe gewährt nämlich gewisse, ihr eigenthümliche Vortheile, welche unter gewissen lokalen Umständen eine geringere Kohlenausbeute zu überwiegen vermögen. Diese Vortheile bestehen in Bezug auf die Meiler-Verkohlung 1) in einer leichteren Holzarbeit, indem man, anstatt kürzerer Scheite, 8 und mehr Fuß lange Kloben anwenden kann; 2) in einer leichteren Kohlarbeit, sowohl hinsichtlich des Aufschichtens und Deckens als der ganzen Behandlung eines Haufens. Ferner behauptet man, daß die Haufen-Verkohlung gewöhnlich ein besseres Produkt, nämlich dichtere und größere Kohlen als die Meiler-Verkohlung liefere. Allerdings fallen in einem Haufen keine Quandelkohlen, und die Kohlen sind überhaupt dem Zerdrücken weniger ausgesetzt als in einem Meiler; auch mag die Anwendung von großen Kloben zu ihrer Dichtheit beitragen, so wie der Umstand, daß sie bald nach ihrer Verkohlung gezogen werden können. Endlich ist es für manche Hüttenwerke, welche feste Kohlstätten in ihrer Nähe haben, von Wichtigkeit, ihren Kohlenbedarf während des ganzen Jahres unausgesetzt von diesen beziehen zu können, ohne genöthigt zu seyn, große Kohlenmagazine anzulegen. Bei der Verkohlung in Meilern, welche große Kohlenmengen auf einmal liefert, und welche hauptsächlich nur während der guten Jahreszeit betrieben werden kann, läßt sich dies nicht bewerkstelligen. Dieser Vortheil dürfte jedoch nicht von allen Metallurgen als ein reeller angesehen werden, namentlich nicht von denen, welche der Meinung sind, daß längere Zeit aufbewahrte (gelagerte) Kohlen den Vorzug vor frisch erschwälten verdienen. Später wird sich die Gelegenheit bieten (siehe Vorbereitung der Holzkohle), letzteren Punkt in nähere Betrachtung zu ziehen.

b) Holz-Verkohlung unter unbeweglichen Decken.

α) Verkohlung in Meileröfen.

Wesen dieser Verkohlung.

Mit diesem Namen kann man diejenigen Oefen belegen, in denen die Verkohlung des Holzes bei Luftzutritt und überhaupt auf ganz ähnliche Weise wie in einem Meiler ausgeführt wird. Die Mauern eines solchen Ofens vertreten die Decke des Meilers. Der Vortheil, welchen man damit erreicht, indem man letztere durch erstere ersetzt, liegt hauptsächlich in der Aufsammlung einer größeren Quantität der flüssigen Verkohlungs-Produkte, keineswegs aber in der Qualität oder Quantität der gewonnenen Kohlen. Da sich jedoch bei einer sorgsamen Leitung des Meilerofen-Processes eine Kohlenausbeute erreichen läßt, welche der der gewöhnlichen Meiler-Verkohlung nicht nachsteht, so kann es sich in Gegenden, wo Theer, Holzessig u. s. w. guten Absatz haben, wohl rentiren, daß ein Hüttenwerk, wenn auch nicht seinen ganzen Kohlenbedarf, doch wenigstens einen Theil desselben in Meileröfen erzeugt. In einem solchen Falle fragt es sich dann aber noch,

ob nicht andere, vollkommener eingerichtete Verkohlungsöfen den Vorzug verdienen. Der Meilerofen-Proceß ist daher für den Metallurgen nur von sehr beschränkter Wichtigkeit.

Arten der Meileröfen. Erste Art.

Es giebt mehrere Arten von Meileröfen; ihre Verschiedenheit liegt aber meist nur in der Form und bedingt keine wesentliche Modifikationen des Processes. Einer der einfachsten dieser Oefen, welcher seinen Namen auch wegen seiner Gestalt verdient, ist in Fig. 62. abgebildet.

Fig. 62.

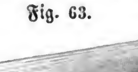


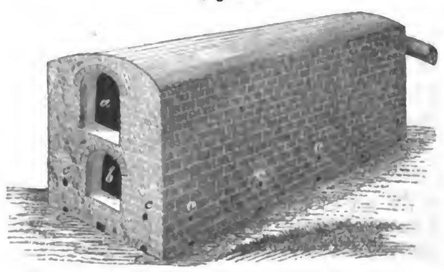
Die zur Verkohlung bestimmten Scheite oder Kloben werden in einem solchen Ofen wie in einem Meiler angeordnet, entweder liegend oder stehend aufgeschichtet. Die Einbringung des Holzes geschieht theils durch die Thüröffnung b, theils durch die obere runde Oeffnung a; von der ersteren bis in das Centrum der Ofensohle wird eine Zündgasse ausgespart. Nur so viel als diese erfordert, bleibt von jener Thüröffnung unverschlossen, der übrige Theil wird vermauert und erst beim Kohlenziehen wieder geöffnet. Sobald das Holz hinreichend in Brand gerathen ist, wird sowohl die Mündung der Zündgasse wie die Oeffnung a zugemacht und man bedient sich nun der anderen kleineren (Register-) Oeffnungen wie der Raumlöcher bei einem Meiler.

Zweite Art.

Eine andere Art der Meileröfen entspricht in ihrer Gestalt mehr den Haufen, als den Meilern. Fig. 63. zeigt einen dieser Oefen.

Fig. 63.





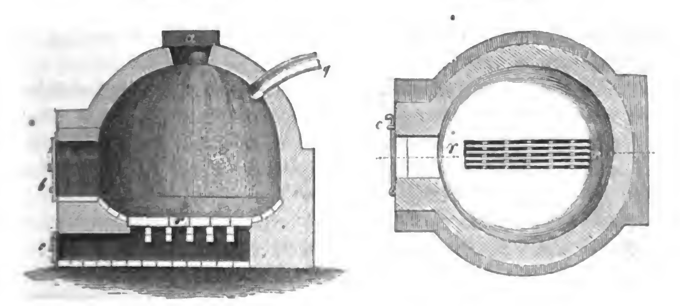
a und b, überwölbte Thüröffnungen zum Eintragen des Holzes, letztere zugleich zum Herausschaffen der Kohlen. Während der Verkohlung sind beide vermauert. $c, c, c, \ldots$, Register-Oeffnungen zur Regulirung des Luftzutrittes; d, eine eiserne Röhre, durch welche ein Theil der flüchtigen Verkohlungs-Produkte,

besonders Holzessig, in Condensations-Gefäße abgeleitet wird. Der Theer sammelt sich großentheils auf der Sohle des Ofens an und fließt von dieser in eigends dazu vorgerichtete Behälter. Unter der Oeffnung *b* ist eine kleinere, unmittelbar am Fuße des Ofens befindliche Oeffnung angebracht, von welcher aus die Zündgasse nach innen geführt wird. — Bei diesem wie bei dem vorigen Ofen beurtheilt man den Gang der Verkohlung wie bei einem Meiler, nämlich aus der Beschaffenheit des durch die Register-Oeffnungen strömenden Rauches. Nach beendigter Verkohlung müssen diese Oeffnungen sämmtlich fest verschlossen werden, um jedes Lufteindringen in den Ofen zu verhindern, welches hier, wegen der langen Kühlungszeit, die ein solcher Ofen erfordert, noch weit schädlicher wirkt, als bei einem Meiler. Unter einer Woche nach beendigter Verkohlung pflegen die Kohlen nicht gezogen werden zu können, obgleich man das Erkalten derselben gewöhnlich durch eingegossenes Wasser zu beschleunigen sucht.

Dritte Art.

Einen dritten Verkohlungsofen, dessen Einrichtung in geringerem Grade als die der beiden vorerwähnten auf den Principien der Meiler-Verkohlung basirt ist, zeigt Fig. 64, (a) im Profil-Durchschnitt und (b) im Grundriß.

Fig. 64 a. Fig. 64 b.



a und *b*, zwei Oeffnungen zu gleichem Zwecke wie *a* und *b* in Fig. 62. Die Oeffnung *b* ist mit einer eisernen Thür versehen. *c*, eine ebenfalls durch eine eiserne Thür verschließbare Oeffnung, welche unter den aus Ziegelsteinen gebildeten Rost *r* führt; *q*, die Ableitungsröhre für die flüchtigen Verkohlungs-Produkte. Nachdem der über dem Rost befindliche kuppelförmige Ofenraum dicht mit aufgeschichtetem Holz gefüllt ist, wird Feuer unter den Rost gebracht und bei offenstehender Thüre *c* und unbedeckter Oeffnung *a* so lange unterhalten, bis die untere Holzmasse hinreichend in Brand gerathen ist und sich dunkle theerartige Dämpfe zu entwickeln anfangen. Darauf schließt man sowohl jene Thür als die obere Oeff-

nung *a*. Die Destillations-Produkte nehmen nun ihren Weg durch die Röhre *q* und die Ausbreitung des Feuers geht durch die geringe Menge Luft vor sich, welche, da die Thür *c* nicht hermetisch schließt, von unten durch den Rost aufsteigt. Ist der Brand auf diese Weise bis zu einer gewissen Höhe emporgestiegen und haben die Ofenwände eine hinreichend hohe Temperatur angenommen, so müssen, um jeden Luftzutritt zu hemmen, die Fugen der Thür *c* dicht verschmiert werden. Der bis dahin noch nicht verkohlte Theil des Holzes wird durch die Hitze der bereits gebildeten Kohlen und der Ofenwände verkohlt. In dieser Wirkung der erhitzten Ofenwände besteht einer der wenigen Vortheile, welche — die Gewinnung des Theers u. s. w. nicht berücksichtigt — Meileröfen vor den mit lockeren und feuchten Decken versehenen Meilern und Haufen voraushaben. Nicht selten aber wird dieser Vortheil dadurch beeinträchtigt, daß man die Mauern solcher Oefen möglichst dünn herstellt, nicht bloß um Steine zu ersparen, sondern um die Entstehung von Rissen zu vermeiden, welchen dicke Mauern bei schneller Erwärmung leichter ausgesetzt sind, als dünne.

Kohlenausbeute.

Ueber das Kohlenausbringen bei der Holz-Verkohlung in Meileröfen sind bis jetzt keine speciellen Angaben zur öffentlichen Kenntniß gelangt. Uebrigens ist kein Grund vorhanden, welcher zur Annahme berechtigt, daß in diesen Oefen ein größere Ausbeute dem Gewichte nach zu erreichen sey, als bei der Meiler-Verkohlung.

Vergl. d. Verkohl. in Meileröfen mit d. Verkohl. in Meilern.

Die Verkohlung in Meileröfen ist hauptsächlich mit folgenden Uebelständen behaftet. 1) Der Verkohlungs-Proceß kann weniger gut beaufsichtigt und geführt werden, als bei einem Meiler. Alle Vortheile und Erleichterungen, welche die bewegliche Meilerdecke gewährt, gehen bei festen Ofenwänden verloren. 2) Das Einbringen und Aufschichten des Holzes, namentlich aber das Herausschaffen der — lange Zeit zu ihrer Abkühlung erfordernden — Kohlen aus dem Ofen, veranlaßt Zeitaufwand und Schwierigkeiten anderer Art, welche bei Meilern nicht vorkommen. 3) Die durch Anlage und häufig vorfallende Reparaturen eines Meilerofens, wie überhaupt durch die beschwerlicheren Arbeiten verursachten Kosten sind größer, als die entsprechenden bei der Meiler-Verkohlung. — Die Vortheile, welche die Meileröfen zur Aufwiegung dieser Nachtheile zu bieten haben, bestehen, wie bereits angeführt, hauptsächlich in der Gewinnung einer beträchtlicheren Menge der flüssigen Verkohlungs-Produkte, so wie darin, daß der Betrieb solcher Oefen weniger von der Witterung abhängig ist, als der der Meiler.

β) Gruben-Verkohlung.

Diese Art der Verkohlung, welche, wie ihr Name anzeigt, in der Verkohlung des Holzes innerhalb eines unmittelbar unter der Erdoberfläche befindlichen Raumes besteht, ist für den Metallurgen von durchaus keiner Wich-

tigkeit, da sie sowohl schlechte als wenige Kohlen liefert und gewöhnlich fast ausschließlich auf Theergewinnung berechnet ist. Durch de la Chabaussiere ist diese Verkohlungs-Methode, welche nur an einigen Orten Rußlands, Schwedens und Spaniens (angeblich auch China's) betrieben wird, insoweit verbessert worden, als derselbe die zur Verkohlung dienenden Gruben ausmauerte und diese Mauern mit — an der Erdoberfläche ausmündenden — Zugkanälen, so wie mit einem eisernen Hute versah. Aber auch in dieser verbesserten Art dürfte die Gruben-Verkohlung, was die Anforderungen des Metallurgen an einen guten Verkohlungs-Proceß betrifft, so beträchtlich nachstehen, daß sowohl eine nähere Beschreibung der ersteren, als eine zwischen beiden angestellte Vergleichung für unseren Zweck überflüssig erscheint.

2. Holzverkohlungs-Processe ohne Zutritt der atmosphärischen Luft.

Bei der Holzverkohlung ohne Luftzutritt, welche sich natürlich nur unter festen Decken — also in Oefen oder derartigen Vorrichtungen — ausführen läßt, bildet die Gewinnung der flüssigen Verkohlungs-Produkte einen noch mehr hervortretenden Zweck, als bei der Verkohlung in Meileröfen. Die zu diesem Abschnitte gehörigen Verkohlungs-Methoden können daher, mit einigen Ausnahmen, ebenfalls keine Ansprüche auf die nähere Beachtung des Metallurgen machen.

a) Verkohlung in Retorten-Oefen.

Wesen dieser Verkohlung.

In den zur Holzverkohlung angewendeten Retorten-Oefen wird das Holz dadurch verkohlt, daß man die Wände, zwischen denen es sich eingeschlossen befindet, von außen erhitzt und für den leichten Abzug der flüchtigen Zersetzungs-Produkte Sorge trägt. Bei diesem Verkohlungs-Processe führt man also im Großen aus, was bei der Destillation des Holzes in einer Retorte im Kleinen vor sich geht. Da die Theergewinnung hierbei einen Hauptzweck bildet, so nennt man diese Oefen gewöhnlich Theeröfen. Alle sind mit doppelten Wänden versehen, zwischen denen man das Feuer circuliren läßt, um es auf das von den inneren Wänden umgebene Holz an möglichst vielen Stellen einwirken zu lassen. Jene inneren Wände müssen daher aus guten Wärmeleitern bestehen oder, wenn dies nicht der Fall ist, wenigstens keine beträchtliche Dicke haben. Am zweckmäßigsten ist es, sie aus gußeisernen Platten oder starkem Eisenblech anzufertigen. Gleichwohl aber ziehen Manche Ziegelmauern vor, weil das Eisen, vorzugsweise das Eisenblech, einer baldigen Zerstörung in diesen Oefen unterworfen ist. Obgleich die Kohlenausbeute in den Theeröfen die größtmöglichste Höhe, näm-

Unzweckmäßigkeit der Retortenöfen.

lich 25 — 27 Gew.-Proc. erreichen und obgleich die größtmöglichste Quantität der flüssigen Verkohlungs-Produkte in ihnen gewonnen werden kann*), so sind doch gerade diese Oefen die für Hüttenwerke am wenigsten geeignetesten. Nicht allein, daß gewöhnlich nur geringe Quantitäten Holz auf einmal darin verkohlt werden können, sondern auch der bedeutende Aufwand an Feuerungsmaterial (20 — 25 Gew.-Proc. von der Quantität des zur Verkohlung angewendeten Holzes) und die vielen Reparaturen, welche sie erfordern, sind zu große Nachtheile, als daß dieselben durch eine etwas erhöhte Kohlenausbeute und durch den gewonnenen Theer u. s. w. gedeckt werden könnten. — Eine Ersparung an Feuerungsmaterial bei diesen Oefen hat man dadurch erreicht, daß man, sobald das Holz bis zur beginnenden Zersetzung erhitzt war, die aus den Condensations-Räumen tretenden, von Theer u. s. w. befreiten Gase in den Feuerungsraum leitete und hier entzündete. Aber selbst diese Ersparung hat es nicht einmal vermocht, derartige Oefen für alle chemische Fabriken, welche die Produkte der Holz-Destillation verarbeiten, vortheilhaft zu machen, geschweige denn für Hüttenwerke. — Zu den Oefen dieses Abschnittes gehören die Verkohlungsöfen der Grafen v. **Buquoy** und **Salm**, v. **Löbel**, v. **Funk** u. s. w.

b) Verkohlung in Röhrenöfen.

Zweck, der dabei erreicht werden soll.

Die Kostbarkeit der Holzverkohlung in Retorten-Oefen gab Veranlassung, auf eine Methode zu sinnen, bei welcher zwar das der Construktion jener Oefen zu Grunde liegende Princip — ohne Luftzutritt zu verkohlen — beibehalten werden, die Art der Erhitzung aber eine mehr ökonomische seyn sollte. Dies wurde dadurch erreicht, daß man die eingeschlossene Holzmasse nicht von außen, sondern, durch glühend gemachte eiserne Röhren, von innen erhitzte. Hierdurch entging man zugleich, da es nun darauf ankam, das Holz mit möglichst schlechten Wärmeleitern zu umgeben, den beträchtlichen Ausgaben, welche früher durch die eisernen Wände des Verkohlungsraumes verursacht wurden. Die größte Schwierigkeit bei diesen Oefen besteht in der richtigen Vertheilung der Röhren innerhalb des zu erhitzenden Raumes; dieselbe muß nämlich von der Art seyn, daß das Holz hinreichend stark und möglichst gleichmäßig erhitzt wird, wobei darauf Rücksicht genommen werden muß, daß die Zersetzungs-Produkte des später verkohlten Holzes so wenig wie möglich ihren Weg durch die bereits gebildeten glühenden Kohlen nehmen. Daß in einem solchen Ofen sämmtliche Kohlen in dem Grade wie bei der Meiler-Verkohlung ausgeglüht werden, ist zu bezweifeln. Seitdem

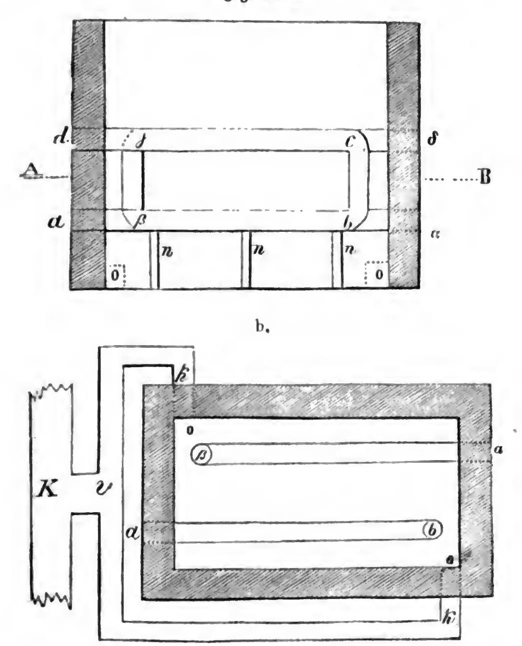
*) Die ganze Ausbeute bei dieser Verkohlung besteht in günstigen Fällen in 25 — 26 Proc. Holzkohle, 8 — 10 Proc. Theer, 58 — 60 Proc. holzsäurehaltigem Wasser von 1,027 spec. Gew.

man aber anfängt, sich bei einigen Hüttenprocessen des mehr oder weniger unvollständig verkohlten Holzes zu bedienen, dürfte dieser Umstand nicht mehr als nachtheilig zu betrachten seyn.

Blanskoer Röhrenöfen.

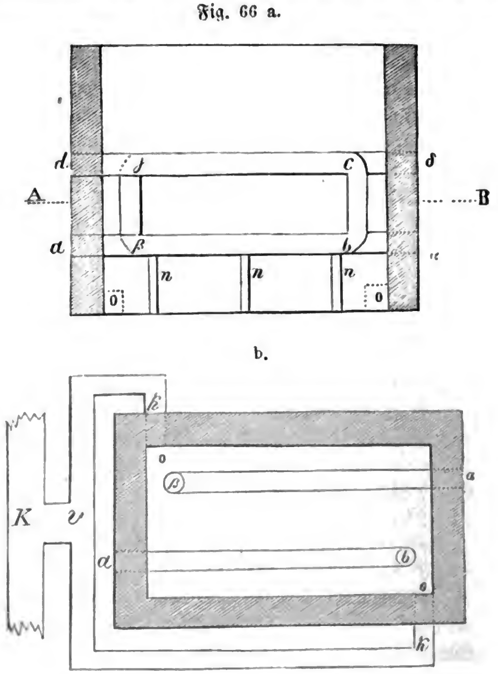
Zu Ernstthal, bei Blansko in Mähren, bedient man sich seit mehr als 20 Jahren zur Holzverkohlung einer Art von Röhrenöfen, welche durch die Vortheile, die sie gewähren sollen, eine gewisse Berühmtheit erlangt haben. Von der näheren Einrichtung derselben ist, da man dieselbe geheim zu halten gesucht hat, bisher nur Weniges und Unzuverlässiges zur öffentlichen Kenntniß gelangt. An dem erwähnten Orte stehen 2 solcher Oefen im Betriebe, ein größerer, in welchem ungefähr 80, und ein kleinerer, in welchem etwa 60 Klafter Holz auf einmal eingesetzt und verkohlt werden können. Der Verkohlungsraum hat eine parallelepipedische Gestalt und wird angeblich durch 2 gußeiserne Röhren erhitzt, welche in der Art angebracht sind, wie Fig. 65 *a*, *b* angiebt, (*a*) im Vertikal-, (*b*) im Horizontal-Durchschnitt.

Fig. 65 a.



a b c d ist die eine, $\alpha\beta\gamma\delta$ die andere Heizungsröhre. Durch den horizontalen Durchschnitt, Fig 66 *b* wird ihre Lage noch näher bestimmt. Bei *a* und α sind Feuerstätten angebracht, bei *d* und δ treten die aus den Röhren kommenden heißen Luftströme in die Luft aus. Die Heizungs-

Fig. 66 a.



röhren sollen einen Durchmesser von 2 F. haben; zufolge anderer Angaben beträgt derselbe nur 14 Zoll. Mit ihrem unteren Theile ruhn sie auf eisernen Böcken *n*, *n*, *n*, welche ihnen bei der durch die wechselnde Temperatur bewirkten Ausdehnung und Zusammenziehung die nöthige Bewegung gestatten. In einigen Zollen Entfernung von den Röhren sind eiserne Bänder angebracht, welche das Holz von ersteren abhalten. Die Seitenwände des Verkohlungsraumes bestehen in doppelten Mauern, einer äußeren Bruchsteinmauer von 3 F. und einer inneren Ziegelmauer von 1 F. Dicke, zwischen welchen sich eine 1 F. starke Sandfüllung befindet.

Die Decke des Ofens wird durch gußeiserne, auf einem Roste von Eisenstäben ruhende Platten gebildet, die während des Verkohlungs-Processes 1 F. hoch mit Sand, während des Abkühlens der Kohlen aber mit einer Wasserschicht bedeckt gehalten werden. Die 3 Fuß über dem Erdboden liegende Ofensohle ist mit Ziegelplatten gepflastert. Zur Ableitung der flüchtigen Verkohlungs-Produkte sind in zwei einander diagonal gegenüberliegenden Ecken des Verkohlungsraumes, dicht an der Ofensohle, zwei Oeffnungen *o*, *o* angebracht, deren Größe durch Schieber regulirt werden kann. Von jeder dieser Oeffnungen aus führt ein Kanal *k* (Fig. 66, *b*) um das Fundament des Ofens bis nach *v*, wo sich beide zu einem kurzen Kanale vereinigen, der dann rechtwinklich in einen größeren, *K*, ausmündet. Die Seitenwände dieser Condensations-Kanäle sind aus Quadersteinen gemauert, ihre Sohle besteht aus fest gestampftem Thon und ihre Decke aus gußeisernen Platten, über welche man während der Destillation unausgesetzt Wasser rieseln läßt. — Der ganze Verkohlungsraum wird mit horizontal gelegten Holzscheiten angefüllt. Beim großen Ofen gebraucht man hierzu 26, beim kleinen 20 zwölfstündige Arbeitsschichten. Während der ersten Stunden feuert man nur schwach, nachher verstärkt man die Hitze allmälig. Die größte Menge des Wassers und der nicht condensablen Gase entwickelt sich zu Anfang des Processes; Theer und Holzessig gehen hauptsächlich nach dieser Periode über. Eine Verkohlung im großen Ofen dauert durchschnittlich 5, im kleinen Ofen nur 4 Tage. Zum Abkühlen der Kohlen, bis dieselben ohne Gefahr des Wiederentzündens aus dem Ofen gezogen werden können, sind 8 — 10 Tage erforderlich. Trotz vieler Bemühungen hat es nicht gelingen wollen, diese verhältnißmäßig sehr lange Kühlungszeit abzukürzen. Zum Kohlenziehen im großen Ofen gebraucht man 16, im kleinen Ofen 12 zwölfstündige Schichten; zur Feuerung sollen respective nur 8 und 7 Klafter (nach anderen Angaben dagegen etwa 10 Klftr. und mehr) weiches Holz aufgehen. Die Kohlenausbeute nach dem Gemäß-Volum wird zu 72 — 73 Procent angegeben *).

Umstände, von denen ihre Vortheilhaftigkeit abhängt.

Daß die von Reichenbach construirten blanskoer Röhrenöfen unter denjenigen Verkohlungs-Apparaten, bei welchen die Gewinnung der Destillations-Produkte den Hauptzweck ausmacht, zu den zweckmäßigsten gehören, dürfte nicht zweifelhaft seyn; eben so wenig ist es aber zu bezweifeln,

*) Die hier über die blanskoer Verkohlungsöfen mitgetheilten Notizen, deren vollkommene Richtigkeit nicht verbürgt werden kann, beziehen sich auf Verhältnisse, wie dieselben vor etwa 10 Jahren stattfanden. In Bezug auf neuere Verhältnisse findet man einige Notizen im Bergwerksfreund, Bd. IV. S. 497. —

daß sich dieselben nicht zur Holzkohlen-Gewinnung auf Hüttenwerken eignen, bei denen es die Verhältnisse nicht gestatten, jene Produkte einer weitläufigen Zugutemachung zu unterwerfen. Nur die sorgfältige und mannigfache Benutzung aller Destillations-Produkte und der vortheilhafte Absatz der daraus dargestellten Präparate sind die Ursache der pecuniären Vortheile gewesen, welche man durch diese Oefen erreicht hat *). Ueberdies aber gewinnt man zu Ernstthal nur einen geringen Theil der vom blanskoer Eisenwerke consumirten Kohlen durch Ofen-Verkohlung, der bei weitem größere Theil derselben wird durch gewöhnliche Meiler-Verkohlung erzeugt. Der stärkere oder schwächere Betrieb der Oefen, in denen man hauptsächlich nur Rothbuchenholz — welches die größte Menge Holzessig giebt — verkohlt, wird hauptsächlich durch die Frequenz des Bleizucker- und Kreosot-Absatzes bedingt. —

c) Verkohlung mittelst eines erhitzten Gasstromes, welcher keinen freien Sauerstoff enthält.

Verkohl. mit erhitzter verbrannter Luft.

In den so eben beschriebenen Verkohlungs-Oefen erhitzt man eiserne Röhren durch den von einer Feuerstätte kommenden Gasstrom, welcher sowohl die zersetzte Luft wie die Verbrennungs-Produkte des Brennmaterials enthält; erst nachdem die Röhren hierdurch eine hinreichend hohe Temperatur erlangt haben, beginnt die Verkohlung des ihnen zunächst liegenden Holzes und verbreitet sich allmälig weiter. Man sollte nun meinen, daß es noch vortheilhafter seyn müßte, das Holz, anstatt mittelbar durch eiserne Röhren, unmittelbar durch jenen Gasstrom selbst zu erhitzen, vorausgesetzt, daß derselbe durch Verbrennung des Brennmaterials in der Feuerstätte alles freien Sauerstoffs beraubt wurde. Hierdurch ersparte man nicht bloß die kostbaren, der Zerstörung eben nicht lange widerstehenden Röhren, sondern das Holz würde gleichmäßiger, schneller und mit Ersparung an Brennmaterial erhitzt. Diese Idee liegt dem von Schwarz construirten und in Schweden häufig angewendeten Verkohlungs-Ofen zu Grunde. Die nähere Einrichtung desselben geht aus den folgenden Figuren hervor.

Schwarz'scher Verkohlungsofen.

*) Vor 10 — 12 Jahren fabricirte man jährlich ungefähr: 1200 Ctr. Bleizucker (à 34 fl. Conv.-M.), zu dessen Darstellung man villacher Bleiglätte verwendete; 500 Ctr. gereinigtes holzsaures Kali, sogenanntes Rothsalz (à 16 fl.), 50 Ctr. reine concentrirte Essigsäure (à 40 fl.) und 50 Ctr. kohlensaures Natron (à 24 fl.). Den Theer verkaufte man theils an Grubenbeleuchtungs-Anstalten, theils brannte man Ruß (1 Ctr. à 10 — 12 fl.) daraus. —

Der Ofen ist hier in seinem senkrechten Längendurchschnitt (nach der Linie *A B* im folgenden Grundrisse) dargestellt. Der von dem Gemäuer *a* umgebene Verkohlungsraum, *b*, ist 17 Fuß hoch, 27 Fuß lang und

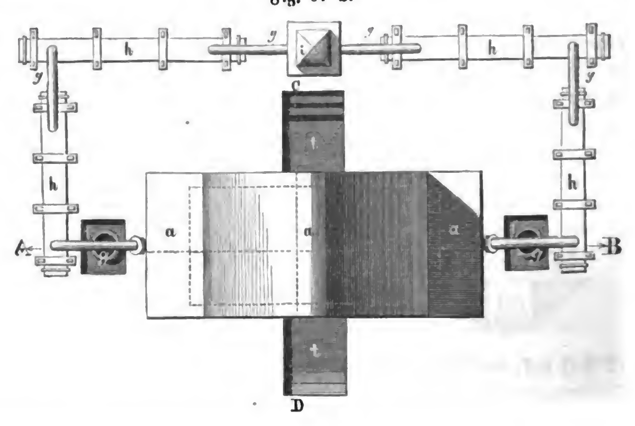
Fig. 67 a.



17 Fuß tief; das Spitzgewölbe hat eine Dicke von 2 F. Durch die beiden Oeffnungen *c*, *c*, etwa 15 Zoll im Quadrat und $2^1/_2$ F. von einander entfernt, dringt die von den dahinter befindlichen Feuerstätten kommende Flamme in den Ofen. An der entgegengesetzten (in der Zeichnung abgeschnittenen) Seite des Ofens befinden sich zwei gleiche, mit Feuerstätten versehene Oeffnungen. Die auf der zwiefach abgeschrägten Ofensohle condensirten Flüssigkeiten — besonders Theer — treten durch zwei eingemauerte Röhren in zwei andere, heberförmig gebogene Röhren *e*, *e* (von 15 Z. Durchm. im Lichten) und von hier in die Theerfässer *f f*. Die Dämpfe der weniger condensirbaren Flüssigkeiten — Holzessig u. s. w. — gelangen durch die Röhren *g g* in die Condensations-Kästen *h h*. Letztere stehen hinterhalb des Ofens mit einer thurmähnlichen Esse in Verbindung, deren oberen Theil *i* man über das Spitzgewölbe des Ofens emporragen sieht, und welche dazu dient, den erforderlichen Zug im ganzen Apparate hervorzubringen. Noch deutlicher werden diese Verhältnisse durch die folgende obere Ansicht werden.

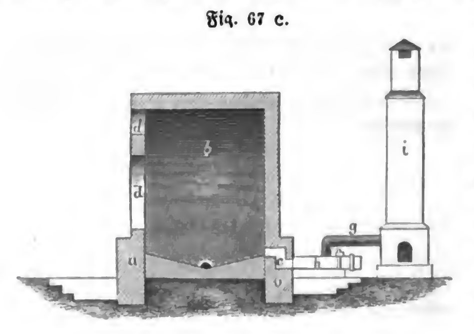
Man ersieht aus dieser Figur, wie der 28 F. hohe Essenthurm *i* mit dem Verkohlungs-Ofen in Verbindung steht und in demselben nach zwei

Fig. 67 b.



Seiten hin, durch die Condensations-Kästen *h*, *h*..., eine Luftströmung erzeugt. *t*, *t* sind Vertiefungen im Erdboden, in welche man vermittelst einiger Stufen gelangt und von denen aus die vier Feuerstätten mit Brennmaterial versehen werden. Nach neueren Erfahrungen sollen 2 solcher Feuerstätten — eine in der Mitte jeder langen Ofenwand — ausreichend seyn. Die Einrichtung derselben geht aus der folgenden Figur hervor, welche einen senkrechten Querschnitt nach der Linie *C D*, Fig. 67 *b*, darstellt.

Fig. 67 c.



Die Feuerheerde, von denen zwei, *c*, *c*, in der Figur zu sehen sind, haben keinen Rost; hierdurch verhindert man eine zu lebhafte Verbrennung, welche leicht das Eintreten von unzersetzter Luft in den Ofenraum zur Folge haben könnte. Die Flamme muß sich ferner knieförmig bie-

gen, um in den Ofen zu gelangen, was ebenfalls den Eintritt unzersetzter Luft erschwert. Die in der Vorderwand des Ofens angebrachten überwölbten, thürförmigen Oeffnungen *d*, *d* — 8 F. und 4 F. hoch — dienen zum Einbringen des Holzes. Während der Verkohlung sind sie vermauert. Zwei kleinere, mit eisernen Thüren versehene Oeffnungen befinden sich in der langen Vorwand des Ofens, zur Seite der Feuerstätten, wie dies aus der vorderen Ansicht des Ofens, Fig. 67 *d* (mit Hinweglassung des Condensations-Apparates und Schornsteines) hervorgeht.

Fig. 67. d.



o, *o*, die erwähnten Oeffnungen, besonders zum Kohlenziehen dienend; *c*, die vorderen Feuerstätten; *d*, *d*, die erwähnten Thüröffnungen. Ein Haupterforderniß bei diesem Ofen ist die vollkommene Dichtheit seiner Wände, welche, wie bei allen derartigen Verkohlungs-Oefen, mit Vermeidung alles Kalkmörtels aufgemauert seyn müssen, wenigstens an ihren inneren Seiten, wo sie der Einwirkung der sauren Dämpfe ausgesetzt sind.

Leitung der Verkohl. in demselben.

Soll eine Verkohlung in dem Schwarz'schen Ofen ausgeführt werden, so bedeckt man zuvörderst die Ofensohle ihrer Länge nach mit 4 Reihen 6 Z. starker Wellen (Reisigbündel) und auf diese wird das Holz in horizontaler Lage möglichst dicht aufgeschichtet, so daß, mit Ausnahme eines bei jeder Feuerstätte leer gelassenen Raumes von einigen Cub.-Fuß Größe, der ganze Ofen bis unter das Gewölbe davon erfüllt wird. Die untersten Schichten bildet man aus dem schwächsten Holze, weil die Hitze in der Nähe der Ofensohle schwächer wirkt als höher hinauf. Während des ganzen Processes müssen die Feuerstätten mit Brennmaterial gefüllt erhalten werden, um das Eindringen unzersetzter Luft möglichst zu verhindern. Sobald der aus dem Schornsteine aufsteigende Rauch eine licht blaue Farbe angenommen hat, ist die Verkohlung beendet, und die Feuerstätten sind nun schleunigst hermetisch zu verschließen. Nach einigen Tagen gießt man etwas Wasser durch einige im Ofengewölbe befindliche und durch gut passende Deckel verschließbare Oeffnungen in die Kohlen. Nach Verlauf einer etwa eben so langen Zeit wiederholt man dies, schüttet aber das Wasser durch den oberen Theil der Thüröffnungen *d*, *d* in den Ofen. Darauf wartet man, bis die eisernen Knieröhren *e*, *e* völlig erkaltet sind, worauf man zum Kohlenziehen schreitet, welches jetzt, ohne Gefahr der Wiederentzündung der Kohlen, geschehen kann. — Das zu einer Verkohlung im

Schwarz'schen Ofen erforderliche Feuerungs-Material beträgt ungefähr 20 Gew.-Procent von dem zur Verkohlung angewendeten Holze.

Entspricht diese Verkohlungs-Methode ganz ihrem Zwecke?

Bei der beschriebenen Verkohlungs-Methode wird vorausgesetzt, daß der von den Feuerstätten in den Ofen eindringende Gasstrom 1) keinen freien Sauerstoff enthalte, und 2) auch nicht anderweitig auf die bereits gebildeten Kohlen verzehrend einwirke. Daß beide Anforderungen nur theilweise erfüllt werden, ist leicht einzusehen; denn nicht allein wird es schwierig zu verhindern seyn — wenigstens bei derartigen Feuerstätten, wie sie am Schwarz'schen Ofen angebracht sind —, daß keine unverbrannte Luft in den Ofen gelangt, sondern noch schwieriger, daß bei der Verbrennung des Feuerungs-Materials jede Bildung von Kohlensäure vermieden (nur Kohlenoxyd erzeugt) wird, ganz unmöglich aber, daß keine Wasserdämpfe hierbei entstehen. Der die Erhitzung des Hafens bewirkende Gasstrom enthält also 1) eine größere oder geringere Menge freien Sauerstoff, 2) Kohlensäure und 3) Wasserdampf, letzteren in besonders großer Menge, da jene 20 Proc. Feuerungs-Material bei ihrer Verbrennung wenigstens 12 Proc. (vom Gewichte der ganzen verkohlten Holzmasse) Wasser liefern. Die Kohlenausbeute im Schwarz'schen Ofen ist daher, wegen dieser Quellen der Kohlenverzehrung, in der That auch nicht größer, ja zuweilen kleiner, als sie durch eine gut geführte Meiler-Verkohlung erreicht werden kann, wobei das verbrauchte Feuerungs-Material nicht einmal hoch in Anschlag gebracht werden darf. Besteht dies nicht in fast werthlosen Holzabfällen und kann man die flüssigen Verkohlungs-Produkte nicht vortheilhaft verwerthen, so wird die Verkohlung in einem Schwarz'schen Ofen eine nicht unbeträchtlich kostbarere, als in einem Meiler.

Umstände, unter denen der Schwarz'sche Ofen Vortheile gewährt.

Nichts desto weniger ist der Schwarz'sche Ofen unter allen Verkohlungs-Oefen der wichtigste für den Metallurgen. Obgleich derselbe im Allgemeinen den Meilern durchaus nicht vorzuziehen ist, gewährt derselbe in gewissen Fällen für hüttenmännische Zwecke größere Vortheile, als irgend eine der bis jetzt gebräuchlichen Verkohlungs-Methoden. Diese vortheilhafte Anwendung besteht vorzugsweise in der Verkohlung des zum Meilerbetriebe weniger oder gar nicht geeigneten Holzes. Der Meiler-Köhler geht bei seiner Auswahl des Kohlholzes gewöhnlich sehr streng zu Werke und kassirt aus mancherlei Gründen — theils richtigen, theils sich auf Bequemlichkeit stützenden — einen nicht unbedeutenden Theil des eingeschlagenen Holzes, welcher gleichwohl bei richtiger Behandlung sehr brauchbare Kohlen liefern kann. Wurzel-, Stubben- und Astholz, so wie anderes durch seinen Feuchtigkeits-Gehalt, seine Dimensionen oder Form wenig zur Meiler-Verkohlung geeignetes Holz, ingleichen kleinere Holzabfälle werden mit Vortheil in einem Schwarz'schen Ofen verkohlt. Um den Transport solcher geringeren Holzsorten möglichst zu erleichtern, pflegt man ihn in Schweden im Winter

vorzunehmen und die Oefen im Walde zu erbauen. In dem Distrikt Orebro sind 9 dieser Oefen im Betriebe, von denen jeder das ganze Jahr hindurch monatlich 50 Läster *) Kohlen liefert. Es befinden sich darunter Oefen, welche mehr als 12 Jahr alt sind und durch wenige Reparaturen in einem völlig brauchbaren Zustande erhalten wurden. Ein neuer Ofen kostet dort nur 500 — 600 Reichsthlr. Reichsgeld, etwa 240 Thaler Preuß. Courant.

Möglichkeit einer Verbesserung des Schwarz'schen Ofens.

Die größtmöglichste Vollkommenheit würde die Schwarz'sche Verkohlungsmethode erreichen, wenn der erhitzende Gasstrom auf keine Weise kohlenverzehrend wirkte. Dies ist keinesweges ganz unerreichbar. Wie wir später sehen werden (s. brennbare Gase, unter Brennmaterialien), giebt es einfache Apparate, in denen man durch Verbrennung von Holzkohle Kohlenoxyd (fast ganz ohne Beimischung von Kohlensäure) erzeugt, welches sich mit dem Stickstoff der zur Verbrennung gedienten Luft mengt. Die Anwendung eines erhitzten Gasstromes dieser Art würde in einem Schwarz'schen Verkohlungsofen ein nicht unbeträchtlich erhöhtes Kohlenausbringen zur Folge haben. Natürlich dürfte man sich zur Erzeugung desselben, wenn der durch vergrößerte Kohlenausbeute erhaltene Vortheil nicht wieder durch kostbares Feuerungs-Material verloren gehen sollte, keiner guten Holzkohlen, sondern nur des Kohlenkleines bedienen**).

Verkohl. mit erhitztem Wasserdampf.

In der neueren Zeit hat man vorgeschlagen, den erhitzten Wasserdampf, auf ähnliche Weise wie die heiße zersetzte Luft bei der Schwarz'schen Methode, zur Verkohlung anzuwenden. Hierbei hat man aber wohl außer Acht gelassen, daß die völlige Verkohlung des Holzes erst in der Glühhitze vor sich geht. Angenommen, man könnte das Holz durch erhitzte Wasserdämpfe einer solchen Temperatur aussetzen, so wäre dabei noch wenig gewonnen, denn die Wasserdämpfe würden bei ihrer Berührung mit den glühenden Kohlen theilweise zu Kohlensäure und Wasserstoff umgewandelt werden und die gebildete Kohlensäure würde den Kohlenverlust noch dadurch vergrößern, daß sich ein Theil derselben zu Kohlenoxyd umwandelte. Allerdings ist es nicht ausgemacht, daß diese Zersetzung des Wasserdampfes schon bei derjenigen Stufe der Glühhitze vor sich geht, welche zur vollkommnen Verkohlung des Holzes hinreicht; allein es möchte wohl schwierig seyn, die Temperatur gerade bis zu dieser Höhe und nicht darüber hinaus zu steigern***).

*) 1 Läst hält 12 Tonnen à 4½ Cub.-Fuß; 50 Läster sind also 2700 Cub.-Fuß. —

**) Zu Wasseralfingen hat man versucht, das Princip der Schwarz'schen Verkohlungs-Methode bei der Meiler-Verkohlung in Anwendung zu bringen. Siehe Lampadius, die neueren Fortschritte im Gebiete der Hüttenkunde, S. 29. —

***) Laurent und Thomas, welche diese Methode in Vorschlag brachten, (Compt. rend., April 1843. No. 17.) geben an, daß sie durch einen nicht

C. Gewinnung der Rothkohle (charbon roux).

Der bedeutende, sich fast auf 40 Proc. belaufende Verlust an Brennstoff*), welcher mit einer vollständigen Verkohlung des Holzes verbunden ist, hat das Streben der Metallurgen schon längst dahin gerichtet, diese Verkohlung so viel als möglich zu umgehen. Bereits vor 20 — 30 Jahren, zum Theil auch noch früher, sind in verschiedenen Ländern Versuche über die Anwendbarkeit des unverkohlten (lufttrocknen) Holzes bei gewissen metallurgischen Processen angestellt worden, so z. B. auf dem Harze (Frankenscharner Hütte), in Böhmen (Kallich), Sachsen (Freiberg), Rußland (Kolywan) u. s. w. Nach und nach hat man sich aber überzeugt, daß diese Anwendung des rohen Holzes, wenn sich dieselbe auch bis zu einem gewissen Grade ermöglichen läßt, mancherlei Uebelstände mit sich führt, und man ist daher zu Versuchen mit mehr oder weniger unvollständig verkohltem Holze — vom gelb und braun gedarrten Holze bis zur eigentlichen Rothkohle — übergegangen. Im Jahre 1831 schlug **Lampadius** vor (**Erdmann's** Journ. f. techn. und ökonom. Chemie, Bd. 12, S. 342), sich beim Schachtofenbetriebe des bis zur anfangenden Verkohlung entwässerten Holzes zu bedienen, welcher Vorschlag einige Jahre später von **Fort** und **Guillaume** (Ann. des mines 1837, p. 527) auf dem Hüttenwerke Haraucourt in Ausführung gebracht wurde. Hiermit war eine Reihe von Versuchen eröffnet, welche, obgleich von vielen — besonders französischen — Metallurgen mit Eifer fortgesetzt, dennoch nicht als geschlossen betrachtet werden kann. Man scheint sich jetzt zwar mit Sicherheit überzeugt zu haben, daß die Anwendung eines unvollständig verkohlten Holzes, anstatt der Schwarzkohle, beim Schachtofenbetriebe erhebliche Vortheile gewährt, hat aber auch zugleich gefunden, daß die damit verknüpften Uebelstände in dem Maaße zunehmen, als das Holz einem geringeren Grade der Verkohlung unterworfen wurde.

Versuche über d. Anwendbark. unvollst. verkohlt. Holzes.

völlig bis zu 300° C. erhitzten Wasserdampf, sowohl Holz als Steinkohle und Torf in den Zustand einer vollkommenen (?) Verkohlung versetzt haben. Beruht dies auf keinem Irrthume, so würde die Wissenschaft hierdurch mit einer ganz neuen, höchst wichtigen Erfahrung bereichert werden, und die oben gegen diese Methode gemachten Einwände würden keine Giltigkeit besitzen. —

*) Da man durch Verkohlung des lufttrocknen, etwa 40 Proc. Kohlenstoff enthaltenden Holzes höchstens 25 Proc. Holzkohle erhält, so sind also 15 Proc. Kohlenstoff bei der Verkohlung verloren gegangen, d. h. durch den entweichenden Sauerstoff und Wasserstoff entführt worden. In Bezug auf den im Holze vorhandenen, den eigentlichen Brennstoff desselben bildenden Kohlenstoff beträgt dieser Verlust folglich $37\frac{1}{2}$ Proc. (nämlich $40 : 15 = 100 : x$). —

Es kommt also nun darauf an, den richtigen Mittelweg ausfindig zu machen, nämlich denjenigen Grad der unvollständigen Verkohlung zu bestimmen, bei welchem jene Uebelstände allenfalls zu übersehen sind, der Vortheil aber schon ein erheblicher ist. Nach den bis jetzt hierüber gesammelten Erfahrungen hat es den Anschein, daß man bei einer Verkohlung stehen bleiben wird, durch welche das lufttrockne Holz ungefähr 60 — 70 Proc. von seinem Gewichte eingebüßt hat. Das bis zu diesem Grade verkohlte Holz, von schwärzlich brauner Farbe, pflegt man vorzugsweise Rothkohle (charbon roux) zu nennen, obgleich es natürlich zwischen der Rothkohle und dem braun gedarrten Holze keine scharfen Grenzen giebt.

Worin die erwähnte, mit der Anwendung der Rothkohle verbundenen Vortheile und Uebelstände bestehen, kann nur bei einer näheren Kenntniß des Schachtofenbetriebes eingesehen werden, und wird deshalb später, bei der Gewinnung des Roheisens, einen Gegenstand unserer Betrachtung bilden. Einstweilen genügt es zu wissen, daß eine im Großen ausführbare Darstellung der Rothkohle vorzugsweise für den Eisenhüttenmann von Wichtigkeit geworden, daß man aber hinsichtlich der Methode dieser Darstellung noch keinesweges auf dem Reinen ist. Die bis jetzt theils im Großen, theils nur versuchsweise mehr oder weniger im Kleinen in Anwendung gebrachten Methoden sind hauptsächlich folgende.

Darstellung der Rothkohle. 1) In Meilern und Haufen.

Wenn sich die Rothkohle durch eine etwas modificirte Meiler- oder Haufen-Verkohlung darstellen ließe, so wäre dies unzweifelhaft am vortheilhaftesten. Man könnte alsdann die Erzeugung derselben, wie die der Schwarzkohle, im Walde vornehmen und ersparte den kostbaren Transport des frischen Holzes. Gueymard (Ann. d. mines, 3ième sér., t. 13, p. 487) hat dies zu erreichen gesucht und einige hierüber angestellte Versuche beschrieben, welche jedoch keine günstigen Resultate gegeben haben. Auch läßt sich wohl kaum hoffen, daß man auf diesem Wege zum Ziele gelangen wird. Die Verkohlung in einem Meiler breitet sich allmälig vom Orte des Anzündens aus; während ein Theil des Holzes schon völlig verkohlt ist, befindet sich ein anderer Theil in einem unvollständig verkohlten und ein dritter in einem noch ganz unverkohlten Zustande. Ein vor dem Eintreten der Gaare ausgelöschter und abgekühlter Meiler wird daher stets Holz in sehr verschieden vorgeschrittenem Grade der Verkohlung enthalten. Ueberdies hat Ebelmen durch seinen oben angeführten Versuch (Aufbrechung eines im Treiben stehenden Meilers) dargethan, daß die Zone des unvollständig verkohlten Holzes, welche den verkohlten Kern des Meilers von dem unveränderten Holze trennt, verhältnißmäßig eine nur sehr schmale ist. Aber selbst angenommen, daß dieselbe sich durch irgend ein Verfahren erweitern ließe, so würde man doch auf diese Weise niemals ein Produkt erzeugen können, welches die erforderliche Gleichartigkeit besäße. Eben so wenig, und

wahrscheinlich noch weniger, als dies in Meilern gelingen kann, wird es bei der Verkohlung in Haufen, welche Gruner (Ann. d. mines, 3ième sér., t. 13, p. 595) vorgeschlagen hat, zu erreichen seyn.

e) In gußeisernen Kästen.

Die Darstellung der Rothkohle durch eine nicht zu Ende geführte trockne Destillation des Holzes in gußeisernen Kästen, zuerst von Echement versucht, ist auf mehreren Hüttenwerken, besonders in Frankreich, ausgeführt worden. Unter Anderen haben Virlet (Ann. d. mines, 3ième sér., t. 10, p. 220), Sauvage (ebendaselbst, t. 11, p. 527) und Vineau (ebendaselbst, t. 13, p. 261) Beschreibungen dieser Methode geliefert. Das Holz wird gewöhnlich mit Hülfe einer Cirkelsäge, in 3 — 4 Z. lange Stücke zerschnitten, mit denen man die eisernen Kästen anfüllt. — Diese sind so eingemauert, daß sie an möglichst vielen Stellen ihrer Oberfläche von der Flamme — gewöhnlich wendet man dazu die Gichtflamme der Hohöfen an — bestrichen werden. In dem unteren Theile der einen Seitenwand jedes Kastens befindet sich eine durch einen Schraubendeckel verschließbare Oeffnung zum Ausziehen der Rothkohle, welche auf der schräg liegenden Bodenplatte des Kastens leicht herausgleitet und in darunter angebrachte eiserne Kühlkästen (étouffoirs) fällt, welche darauf mit einem Deckel verschlossen werden. Der Verkohlungskasten wird, gleich nach dem Ausziehen der Kohlen, wieder mit Holz gefüllt, was durch eine in seiner oberen Wand befindliche, ebenfalls gut verschließbare Oeffnung geschieht. Neben letzterer führt eine eiserne Röhre die bei der Verkohlung entweichenden Gase und Dämpfe in die Luft. Auf einigen Hüttenwerken sucht man einen Theil der letzteren zu condensiren. Ein Verkohlungskasten pflegt 20 Cub.-F. Inhalt zu haben und etwa 400 Pfund Holz zu fassen. Solcher Kästen sind 4 — 8 vorhanden, entweder in einer oder in zwei Reihen neben einander. In letzterem Falle geht die Flamme sowohl zwischen beiden Reihen hindurch, als auch an dem Boden und an dem Theile der Vorderwand jedes Kastens entlang, welcher nicht von der Ziehöffnung eingenommen wird. — Diese Darstellungsart der Rothkohle ist mit wesentlichen Mängeln behaftet. Man ist genöthigt, das zur Verkohlung bestimmte Holz nach dem Verkohlungs-Apparate zu transportiren, welcher, wenn man die Gichtflamme nicht dazu benutzt, ein besonderes Feuerungsmaterial erfordert. Auch durch die bei diesem Processe nöthige Zerkleinerung des Holzes werden Kosten verursacht, welche sich auf einem anderen Wege umgehen ließen. Endlich aber wird ein keineswegs gleichartiges Produkt erhalten; dasselbe fällt gewöhnlich nicht bloß in den verschiedenen Kästen — je nachdem dieselben der Feuerstätte mehr oder weniger nahe liegen — sondern sogar in einem und demselben Kasten verschieden aus *).

*) Aus diesem Grunde läßt sich ein solcher Apparat zur Erzeugung von

Die dritte Methode zur Erzeugung der Rothkohle — in Meilern, mit Anwendung von Gebläseluft — ist von Sauvage (Ann. d. mines, 3ième sér., t. 16, p. 657) vorgeschlagen und versuchsweise in Anwendung gebracht worden. Die Versuche, von denen Sauvage im Ganzen 8 angestellt hat, wurden auf folgende Weise ausgeführt. In dem ausgeebneten horizontalen Erdboden legte man zuvörderst einen ungefähr 35 F. langen, 1 F. tiefen und 1 F. (am Boden) breiten Graben an, dessen Seitenwände die erforderliche Dossirung erhielten. An seinem einen Ende wurde derselbe darauf mit einer breiteren grabenartigen Vertiefung in Verbindung gesetzt, deren Zweck später angegeben werden soll. Ueber jenem schmalen Graben errichtete man einen Meiler (eigentlich Haufen) aus Kloben und Knüppelholz in der Art, wie folgende Figur im Querschnitte zeigt.

3) In Meilern mit Anwend. v. Gebläseluft.

Fig. 68 a.



Ueber dem Graben *a* wurde in der ganzen Länge des Meilers ein 3 — 4 F. hoher gewölbeartiger Raum ausgespart. Dies ersieht man aus der Fig. 68 *b*, welche einen Längendurchschnitt des Meilers und Grabens darstellt.

Fig. 68 b.



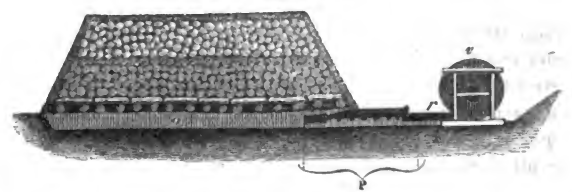
Die Anordnung des Holzes geht aus beiden Figuren hervor. Die beiden Enden des gewölbeartigen Raumes wurden entweder durch eine Wand von dünnen Kloben oder durch vorgesetzte eiserne Platten verschlossen, worauf

Schwarzkohle, wozu man denselben anfangs vorschlug, durchaus nicht anwenden. Davon hat man sich z. B. auf dem Eisenwerke Neuberg in Steyermark überzeugt Der hier angelegte Kasten-Apparat lieferte gleichzeitig in einem und demselben Kasten: Schwarzkohle, Rothkohle und gedarrtes Holz. Die Schwarzkohle war überdies von sehr poröser Beschaffenheit, was zur Bildung vieler Lösche Veranlassung gab. Durch eine sehr langsam gesteigerte Erhitzung der Kästen würden diese Uebelstände vielleicht theilweise vermieden werden können, man würde aber dadurch zugleich die Produktion herabsetzen.

man den ganzen Meiler mit einer gewöhnlichen Meilerdecke versah und durch Eintreibung eines heißen Luftstromes in den Graben erhitzte. Zu diesem Zwecke war an dem einen Ende des Grabens, in einer 9 F. breiten



Fig. 69 b.



und 12 F. langen Vertiefung, eine Vorrichtung angebracht, wie sie die Figur angiebt. *v*, ein gewöhnlicher Ventilator (s. Gebläse), mittelst welchen man einen Luftstrom durch den pyramidalen eisernen Kanal *r* treibt. Der Theil des Apparates, welcher zwischen den beiden punktirten Linien (*P*) liegt, ist in Fig. 69 *c* im vergrößerten Maaßstabe dargestellt.

Fig. 69 c.



r, das Endstück des pyramidalen Windleitungsrohres; *m*, ein gußeiserner, nach *r*, *n* und unten zu offener Kasten, welcher auf einem Roste *o o* ruht; *n*, ein pyramidales gußeisernes Ansatzstück. Nachdem der Rost mit Brennmaterial versehen und dasselbe in Brand gesetzt war, wurde durch den Ventilator theils in den Feuerungskasten *m*, theils unter den Rost Luft eingeblasen. Der Erfolg hiervon war, daß zwei Luftströme, ein heißer und ein kalter, in den unter dem Meiler befindlichen Graben *a* getrieben wurden und sich von hier aus, mit einander gemengt, im Meiler verbreiteten, was durch den gedachten gewölbeartigen Raum erleichtert wurde. Der kalte Luftstrom diente hierbei zur Verminderung des Hitzgrades des heißen; durch letzteren allein würde sich das Holz entzündet haben. — Die 8 Versuchs-Meiler, welche auf diese Weise erhitzt wurden, enthielten jeder 22 — 28 Stères (700 — 900 Cub.-F.) aufgeklafterte Kloben und Knüppel von verschiedenen Holzsorten. Den Ausfall der Versuche zeigt folgende Uebersicht.

Resultate v. Sauvage's Versuchen.

	Zur Feuerung verbrauchtes Holz:	Gewichtsverminderung des erhitzten Holzes:
1ster Versuch	10,5 Gew.-Proc.	25 Proc.
2ter »	9,2 »	21 »
3ter »	8,4 »	26 »
4ter »	11,0 »	24 »
5ter »	6,6 »	17 »

	Zur Feuerung verbrauchtes Holz:	Gewichtsverminderung des erhitzten Holzes:
6ter Versuch	7,7 Gew.-Proc.	27 Proc.
7ter »	8,0 »	31 »
8ter »	10,0 »	33 »

Zu den 3 ersten Versuchen wurde lufttrocknes, zu den anderen halbtrocknes — 4 Monate vor dem Versuche gefälltes — Holz angewendet. Das zur Feuerung verbrauchte Holz ist in Gew.-Proc. von der Quantität des in den Meilern erhitzten angegeben. Aus den Gewichtsverlusten, welche letzteres erlitten hat, ersieht man, daß der diesen Versuchen zu Grunde liegende Zweck nicht erreicht wurde; anstatt Rothkohle — einem Gewichtsverluste von 50 — 70 Proc. entsprechend — zu erzeugen, erhielt man nur ein von allem hygroskopischen Wasser befreites, also gedarrtes Holz. Hätte man, um ein der Rothkohle näher stehendes Produkt zu erhalten, die Erhitzung weiter treiben wollen, so würden sich die in Folge der wirklichen Zersetzung des Holzes entwickelten brennbaren Gase entzündet und ein Anbrennen des Holzes verursacht haben. Dies trat sogar schon während des stattgefundenen Trocknens ein, da man nicht verhindern konnte, daß einzelne Stellen des Meilers eine Temperatur erlangten, in welcher sich das Holz bereits zu zersetzen anfing. Schwerlich dürfte sich also diese Methode jemals so verbessern lassen, daß sie zur Gewinnung der Rothkohle geeignet würde. Aber selbst zum Darren des Holzes ist sie nicht zu empfehlen. Ihr Hauptvortheil, das Darren des Holzes im Walde vornehmen und dadurch an Transport-Kosten sparen zu können, wird von dem Uebelstande begleitet, daß das gedarrte Holz, bevor es zur Anwendung auf dem Hüttenwerke gelangt, Gelegenheit findet, einen Theil seiner verlorenen Feuchtigkeit wieder aufzunehmen. Das gedarrte Holz, wenn es nicht stark gebräunt ist, zeigt sich in bedeutend höherem Grade hygroskopisch als die Rothkohle, welche, zufolge Berthier's Erfahrungen, nur eine geringe Menge Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Bei allen Processen, wo man sich des gedarrten Holzes zur Feuerung bedient, müssen die Darr-Anstalten in der Nähe seyn, um das erhitzte Holz wo möglich noch warm in den Ofen bringen zu können.

4) Durch erhitzten Wasserdampf.

So zweifelhaft es, nach den uns bis jetzt hierüber zu Gebote stehenden Erfahrungen, erscheinen muß, durch erhitzte Wasserdämpfe eine vortheilhafte Erzeugung der Schwarzkohle zu bewirken, so viel hat es für sich, daß diese Methode in Bezug auf die Rothkohle zu einem günstigen Resultate führen kann. Nicht bloß die erwähnten Versuche von Thomas und Laurent scheinen darauf hinzudeuten, sondern auch die Erfahrungen Anderer. Nach einer Bekanntmachung von Heyss (Berg- und hüttenm. Zeitung, Jahrg. 3. S. 43) hat Lagoutte de la Croix seit dem Jahre 1839 in Belgien und seit 1843 in Oesterreich ein Patent auf die Verkoh-

lung von Holz, Torf und Steinkohlen mittelst erhitzten Wasserdampfes genommen.

Vielleicht ist d. Schwarz'sche Ofen hier anwendbar.

Vielleicht ließe sich der Schwarz'sche Verkohlungsofen zur Darstellung der Rothkohle benutzen, besonders wenn man die Feuerung desselben zweckmäßig veränderte und für eine bessere Circulation des heißen Luftstromes in demselben sorgte. Man könnte hierbei wenigstens keiner anderen Gefahr ausgesetzt seyn, als in der Nähe der Feuerstätten einen Theil Schwarzkohle zu erzeugen.

D. Vorbereitung der Holzkohle.

Magazinirung.

Die Holzkohle, wie sie der Verkohlungs-Proceß liefert, ist vollkommen zur Anwendung als Brennmaterial geschickt und bedarf, außer etwa der Zerkleinerung der zu großen Stücke, keiner weiteren Vorbereitung. Inzwischen erlauben es die Verhältnisse nur in den seltensten Fällen, die Kohle unmittelbar nach ihrer Gewinnung anzuwenden. Dies kann nur allenfalls bei der Haufen-Verkohlung geschehen; bei allen anderen Verkohlungsarten dagegen, welche beträchtliche Quantitäten Kohlen auf einmal liefern, ist man genöthigt, Vorkehrungen zur Aufbewahrung der Kohlen zu treffen. Diese bestehen in der Anlegung von Kohlen-Magazinen (Kohlenschoppen oder Kohlenhäusern), welche den darin aufgehäuften Kohlen hinreichenden Schutz gegen die Nässe gewähren. Die Bauart solcher Magazine ist höchst einfach, indem es hauptsächlich nur darauf ankommt, große, von Wänden umschlossene und überdachte Räume herzustellen. Von den nothwendigen Thüröffnungen sind einige unten, andere höher angebracht, letztere mit Auffahrten versehen, um die Kohlen von hier aus einzustürzen. In Schweden und Norwegen sind die Kohlenhäuser meist von sehr leichter Bauart; ihre Wände pflegen aus gefachter Balkenzimmerung zu bestehen und die einzelnen Fachräume nur mit einem Stab- oder Schindel-Gitterwerk oder mit Schwarten bekleidet zu seyn, welche der Luft den Durchzug gestatten. In Deutschland führt man sie nicht selten aus massiver Mauerung auf. Bei diesen Magazinen sollte man, wenn sie eine beträchtliche Größe besitzen, nie versäumen, einige Scheidewände anzubringen, wodurch bei einem Anbrennen der Kohlen wenigstens ein Theil derselben gerettet werden kann. Eine gewöhnliche Ursache des Abbrennens der Kohlen-Magazine ist das zu frühzeitige Einfahren der Kohlen, welche, wenn sie auch anscheinend völlig gelöscht sind, dennoch einen verborgenen Feuerkeim enthalten können. —

Durch den Transport, das Einschütten in die Magazine, den Druck während des Lagerns u. s. w. wird ein nicht unbeträchtlicher Theil Lösche und Kohlenklein gebildet, den man durchschnittlich auf 12 — 16 Proc. veranschlagen kann. — Nach Walter de St. Ange hatten Holzkohlen, welche

7 — 8 Monat magazinirt waren, 15 — 18 Proc. Feuchtigkeit aufgenommen, zeigten sich aber noch sehr gut anwendbar.

Gelagerte und frische Kohlen

Zufolge der Erfahrungen mehrerer Metallurgen sollen die gelagerten (während längerer Zeit in Magazinen aufbewahrten) Kohlen einen etwas größeren specifischen Wärme-Effekt besitzen als die frischen (kurz vor dem Gebrauche gewonnenen), obgleich man, da erstere eine größere Menge hygroskopischer Feuchtigkeit enthalten als letztere, eher das Umgekehrte vermuthen sollte. Findet hierbei keine Täuschung Statt, so kann, sollte man meinen, der Grund dieses anscheinenden Paradoxon wohl kaum ein anderer seyn, als daß die gelagerten Kohlen während des Aufbewahrens an Umfang abgenommen haben, d. h. dichter geworden sind.

Ob dies dem Drucke, welchem die während längerer Zeit über einander aufgeschichteten Kohlen ausgesetzt waren, oder anderen Einflüssen zuzuschreiben sey, muß dahingestellt bleiben. Ein wirklicher ökonomischer Vortheil könnte sich aber solchenfalls nicht daraus ergeben, da der gesteigerte Wärme-Effekt alsdann in einem Mehrverbrauch von Kohlenmasse beruhte. Einige nähere Daten über den Effekt der gelagerten und frischen Kohlen sollen später, bei der Gewinnung des Eisens, angeführt werden*).

Kennzeichen guter Holzkohlen.

Eine fehlerfreie, zur Anwendung bei den metallurgischen Processen geeignete Holzkohle läßt sich an folgenden Merkmalen erkennen. Ihre Farbe ist vollkommen schwarz (kohlschwarz), ihr Bruch muschlig und glänzend. Läßt man ein nicht zu kleines, am besten längliches Stück derselben auf einen harten Gegenstand fallen, so giebt es einen hellen Klang von sich. Sie widersteht einem ziemlich starken, allmälig wirkenden Drucke, zerspringt dagegen leicht bei einem plötzlichen Schlage. Mit dem Finger an einer frischen Bruchfläche gerieben, zeigt sie sich gar nicht abfärbend, oder das Abgeriebene läßt sich wenigstens leicht wieder entfernen. Auf Wasser geworfen, schwimmt sie. Bei ihrer Verbrennung in einzelnen Stücken, was am besten mit Hülfe eines Blasebalges geschieht, darf sich weder Flamme, noch Rauch zeigen. — Kohlen, welche aus sehr nassem oder faulem Holze gewonnen wurden, sind leicht zerreiblich, stark abfärbend und klanglos. Ueberbrannte (bei zu vielem Luftzutritt erzeugte) Kohlen besitzen ähnliche Eigenschaften. Unvollständig verkohlte Kohlen geben sich — wiewohl nicht immer — durch ihre Farbe, ihren mehr oder weniger schwachen Klang, am besten aber dadurch zu erkennen, daß sie Rauch und Flamme bei der Verbrennung entwickeln. Nasse Kohlen verrathen sich durch ihre Schwere, durch geringen Glanz und Klang, sind schwierig zum Brennen zu bringen

*) Zugleich wird hierbei eines Umstandes gedacht werden, der die ziemlich verbreitete Annahme von der Mehrleistung der gelagerten Kohlen vielleicht genügender zu erklären vermag. —

und entwickeln dabei viel Wasserdampf. Als nasse Kohlen sind nur die zu betrachten, welche beträchtlich über 20 Proc. Wasser enthalten. Ersoffene Kohlen nennt man diejenigen, deren Poren gänzlich mit Wasser erfüllt sind. Wirft man sie auf Wasser, so sinken sie entweder darin unter oder es ragt doch nur ein kleiner Theil ihrer Masse über die Oberfläche desselben hervor. Sie lassen sich nur durch Erhitzung austrocknen und sind im unausgetrockneten Zustande durchaus nicht anwendbar. In Schmiedefeuern lassen sich dieselben, mit anderen Kohlen untermischt, zwar zum Brennen bringen, deprimiren aber, wenn man sie in beträchtlicher Quantität anwendet, die Hitze sehr bedeutend.

VII. Von der Torfkohle.

A. Eigenschaften der Torfkohle.

Arten der Torfkohle.

Da die Struktur des Torfes durch die Verkohlung wenig oder gar nicht verändert wird, so ist die aus demselben dargestellte Kohle von eben so verschiedener äußerer Beschaffenheit wie der Torf selbst. Alle früher angegebenen Arten des letzteren, deren Klassifikation auf Struktur beruht, lassen sich in der Torfkohle wiedererkennen.

Bestandtheile der Torfkohle.

Die Bestandtheile der Torfkohle sind dieselben wie die der Holzkohle, nämlich: Kohlenstoff, Aschentheile und hygroskopisches Wasser, allein sie treten in der Regel in ganz anderen Gewichts-Verhältnissen auf, als die letzteren. —

Aschengehalt.

Der Aschengehalt der Torfkohle muß natürlich noch weit bedeutender seyn, als der des Torfes. Bei diesem wechselte er, wie früher angeführt wurde, zwischen 1 und 30 Proc. Da nun die lufttrockne organische Torfmasse bei langsamer Verkohlung etwa 25 Gew.-Proc. Kohle zurückläßt, so ergiebt sich hieraus, daß der Aschengehalt der Torfkohle zwischen den sehr weit von einander entfernten Grenzen 4 Proc. und 63 Proc. liegt. Die Bestandtheile der Torfasche, welche zum Theil wesentlich von denen der Holzasche verschieden sind, wurden bereits beim Torfe angeführt. — Ueber den

Feuchtigkeitsgehalt.

hygroskopischen Wassergehalt der Torfkohle fehlt es an näheren Bestimmungen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist derselbe bei den aus verschiedenen, mehr oder weniger porösen Torfarten dargestellten Torfkohlen ein sehr abweichender, und wohl nur in seltenen Fällen — vielleicht bei der Kohle des Pechtorfes — kleiner, als bei der Holzkohle. Ein Wassergehalt von 10 Proc. dürfte daher bei Torfkohlen, welche längere Zeit aufbewahrt wurden, als ein Minimum anzusehen seyn. Gewöhnlich aber magazinirt man die Torfkohlen nicht so lange wie die Holzkohlen, sondern verbraucht sie möglichst bald nach ihrer Gewinnung.

Zusammens. d. Torfkohle

Nach den beigebrachten, allerdings nicht ganz zuverlässigen Daten läßt sich folgende Zusammensetzung der Torfkohle annehmen.

	Beste Torfk.	Schlechteste Torfk.
Kohlenstoff	86	34
Hygroskopisches Wasser . .	10	10
Asche	4	56

Brennbar- u. Flammbarkeit der Torfkohle.

Die **Brennbarkeit** der Torfkohle ist, wegen ihres meist sehr porösen Zustandes, im Allgemeinen größer, als die der Holzkohle. Durch einen hohen Gehalt an Asche und hygroskopischer Feuchtigkeit wird dieselbe aber sehr beeinträchtigt. — Von der **Flammbarkeit** der Torfkohle gilt dasselbe, was bei der Holzkohle über diese Eigenschaft angeführt wurde.

Absolut. W.-E. d. Torfkohle.

Der **absolute Wärme-Effekt** der Torfkohle unterliegt, bei ihrer variablen Zusammensetzung, großen Abweichungen. Die Grenzen derselben sind, zufolge der eben angenommenen Zusammensetzungen, 0,86 und 0,34. Sind die Torfkohlen frisch bereitet, also ohne hygroskopische Feuchtigkeit, so werden diese Effekte bis zu 0,96 und 0,44 erhöht.

Specif. W.-E. d. Torfkohle.

Der **specifische Wärme-Effekt** der Torfkohle läßt sich einstweilen nicht mit Sicherheit angeben, da es an Bestimmung der betreffenden specifischen Gewichte fehlt. Das Maximum dieses Effektes kann auf folgende Weise einer ungefähren Schätzung unterworfen werden. Die vorzüglichste Torfart, der Pechtorf, besitzt nach **Karmarsch** ein spec. Gew. von 0,64 — 1,03, im Mittel von 0,84. Durch Verkohlung schwindet der Torf ungefähr um $1/2$ bis $2/3$ seines Volumens, durchschnittlich also 58 Proc. und läßt dabei etwa 25 Gew.-Proc. Torfkohle zurück. Ein Pechtorf von 0,84 spec. Gew. giebt also hiernach eine Kohle von 0,36 spec. Gew. (nämlich $0{,}84 \times {}^{25}/_{58}$). Geben wir dieser Kohle, bei einem hygroskopischen Wassergehalte von 10 Proc., den größtmöglichen absoluten Wärme-Effekt 0,86, so wird der spec. Wärme-Effekt einer so beschaffenen Torfkohle $= 0{,}36 \times 0{,}86 = 0{,}31$. Dies ist der spec. Wärme-Effekt des Weißbuchenholzes; der der besten Holzkohle ist = 00,2. Solche Torfkohlen dürften aber sehr selten seyn; die gewöhnlichen kommen in ihrem spec. Wärme-Effekte dem der Holzkohle wohl höchstens nahe, und die Kohlen von sehr aschenreichem oder leichtem Torfe bleiben hierin gewiß bedeutend zurück.

Pyrometr. W.-E. d. Torfkohle.

Den **pyrometrischen Wärme-Effekt** der besten und der schlechtesten Torfkohle von der früher angenommenen Zusammensetzung, nämlich 86 Kohlenstoff, 10 Wasser und 4 Asche, und 34 K., 10 W. und 56 A., findet man nach der Formel 8 respective zu 2380° C. und 2085° C., wobei die specifische Wärme der Asche = 0,2 in Rechnung gebracht wurde.

B. Gewinnung der Torfkohle.

Anwendbark. d. Torfkohle b. d. metallurg. Processen.

Der meistentheils sehr beträchtliche Aschengehalt und geringe specifische Wärme-Effekt, so wie das leichte Zerbröckeln der Torfkohlen empfehlen dieselben im Allgemeinen durchaus nicht zur Anwendung bei metallurgischen

Processen, wobei noch hinzukommt, daß die stets phosphorhaltige und nicht selten auch schwefelhaltige Asche einen schädlichen Einfluß auf einige dieser Processe ausübt. Es sind daher vorzugsweise nur die reinsten und dichtesten Arten der Torfkohlen, welche in metallurgischer Hinsicht Berücksichtigung verdienen. Die Zerdrückbarkeit, welche aber auch selbst bei diesen Torfkohlen größer ist, als bei den Holzkohlen, macht ihre Anwendung zum Schachtofenbetriebe äußerst schwierig, wie alle hierüber angestellten Versuche mehr oder weniger beweisen. Keine Torfkohle besitzt eine solche Festigkeit, daß sie dem Drucke der im Schachtofen auf ihr ruhenden Beschickungssäule zu widerstehen vermag; so wie sie in die tiefer liegenden Theile des Schachtes gelangt, der Druck also zunimmt, wird sie zu kleinen Stücken und Pulver zerdrückt, welche theilweise zwischen den Erzstücken hindurchfallen, und sich zu einer dichten Masse zusammensetzen, die der Gebläseluft den Durchgang erschwert, die Hitze deprimirt und den ganzen Schmelzgang nach längerer oder kürzerer Zeit in Unordnung bringt. Durch gleichzeitige Anwendung von Holzkohlen und Torfkohlen kann dieser Uebelstand nur theilweise beseitigt werden. Bei Anwendung der Torfkohlen in offenen Feuern (Heerdfeuern) kommt ihre leichte Zerdrückbarkeit weniger in Betracht, und man bedient sich derselben daher an einigen Orten mit Vortheil hierzu, wenigstens der dichteren und aschenärmeren Arten. Auch zur Pfannenheizung (Verdampfung von Flüssigkeiten) wendet man Torfkohlen an, obwohl hier der gedarrte Torf den Vorzug verdienen dürfte. Letzterer scheint überhaupt in allen Fällen, wo es sich nicht um die Erreichung hoher Hitzgrade handelt, der Torfkohle vorzuziehen zu seyn, da er einen besseren Zusammenhalt besitzt und aus diesem Grunde nicht so viel Lösche bildet. Zugleich aber benutzt man einen Theil der bei der Verkohlung verloren gehenden Wärme. — Im Ganzen ist also die Torfkohle für den Metallurgen nur von sehr untergeordneter Wichtigkeit, von weit geringerer, als der lufttrockne und gedarrte Torf.

Chemischer Hergang b. d. Torfverk.

Der chemische Hergang bei der Torfverkohlung ist derselbe wie der bei der Holzverkohlung, nur mit dem unwesentlichen Unterschiede, daß sich unter den flüchtigen Verkohlungs-Produkten des Torfes etwas kohlensaures Ammoniak befindet, welches von dem geringen Stickstoffgehalte des Torfes herrührt.

Gewinnungsarten d. Torfk.

Die Torfkohle kann auf alle die verschiedenen Arten gewonnen werden, auf welche man die Holzkohle gewinnt, also in Meilern, Gruben, Oefen mit und ohne Luftzutritt, u. s. w. Auch eine Verkohlung durch Wasserdampf ist in Vorschlag und, wie es scheint, sogar bereits zur Ausführung im Großen gebracht worden (s. Gewinnung der Schwarzkohle und Rothkohle). Von den bis jetzt hiervon zur allgemeinen Kenntniß gelangten Methoden dürfte, aus denselben Gründen, welche hierfür bei der Holz-

verkohlung angeführt wurden, in Bezug auf metallurgische Zwecke die Meiler-Verkohlung die vortheilhafteste seyn. Da man jedoch den Torf niemals an so zerstreut liegenden Stellen sticht, wie man das Holz schlägt, so gewährt die Anwendung einfacher Verkohlungs-Oefen, wegen Umgehung des Transportes, hier größere Vortheile als bei der Holzverkohlung. Inzwischen erlaubt eben dieser Umstand auch die Anlage von festen und in zweckmäßigster Art hergestellten Meilerstätten, auf denen das Kohlenausbringen nicht geringer ist, als in Oefen. Die Gruben-Verkohlung ist auch für Torf die unvollkommenste.

1) Torfverkohl. in Meilern.

Während man den unmittelbar zur Feuerung bestimmten Torfstücken etwa die Dimensionen gewöhnlicher Mauersteine, nicht selten auch wohl noch geringere giebt, bedient man sich zur Verkohlung gern größerer Stücke, theils um größere Kohlen zu erhalten, theils um an Arbeitskosten zu sparen. Beträchtlich größere Stücke als von etwa 15 Z. Länge, 6 Z. Breite und 5 Zoll Höhe anzuwenden, ist jedoch nicht räthlich, da dieselben zu schwer austrocknen, ein lufttrockner Torf aber ein bei dieser Verkohlung nothwendiges Erforderniß ist. Man giebt den Torfmeilern dieselbe Gestalt wie den Holzmeilern, in der Regel aber geringere Dimensionen, nicht gern über 1500 Cub.-F. Inhalt. Ein solcher Meiler faßt etwa 5000 — 6000 Torfstücke von vorerwähnter Größe und hat einen Durchmesser von ungefähr 10 F. In Meilern von weit beträchtlicheren Dimensionen — es giebt deren von 25,000 — 30,000 Torfziegeln — verursacht die Erreichung einer gleichförmigen Verkohlung Schwierigkeiten, zugleich aber ist die Kohle in demselben zu sehr dem Erdrücken ausgesetzt. Alle Torfmeiler werden um einen Quandelpfahl errichtet, um welchen man die Torfstücke — auf der hohen Kante stehend — in concentrischen Kreisen herumsetzt und dabei vier Zündgassen von der Breite und Höhe eines Torfziegels ausspart, welche sich im Quandel rechtwinklich kreuzen. In der Nähe dieses Kreuzpunktes wird etwas trocknes Holz oder Kiehn angebracht. Der so steil, als es das Auflegen der Decke erlaubt, gerichtete Meiler wird mit einer gewöhnlichen Meilerdecke versehen, welche nur die vier Mündungen der Zündgassen und am höchsten Theile der Haube, rings um den Quandel, eine kreisförmige, 1 F. im Durchmesser haltende Fläche frei läßt. Bei windstillem Wetter bleiben, nach dem Anstecken des Meilers, sämmtliche Zündgassen geöffnet, bei windigem Wetter dagegen verschließt man die der Windseite zugekehrten. Sobald das Feuer bis in die Haube gedrungen ist, und an dem oberen unbedeckten Theile derselben gewahrt wird, versieht man auch diesen mit einer Decke. Darauf erfolgt sogleich das Zubrennen des Meilers durch Anbringen von Raumlöchern, mit denen man reihenweise allmälig bis zum Fuße herabrückt, ganz wie bei einem Holzmeiler Nicht bloß an der Beschaffenheit des Meilers und der Decke, son-

dern auch durch das Einstechen eines eisernen Spießes — welcher den noch nicht vollständig verkohlten Torf nur schwierig durchdringt — erkennt man leicht diejenigen Stellen des Meilers, wo die Verkohlung mehr oder weniger zurückgeblieben ist, und also theils durch Anbringung und Schließung von Raumlöchern, theils durch Regulirung der durch die Zündgassen eindringenden Luftströme befördert werden muß. Letzteres geschieht durch Torfstücke, welche man in die Zündgassenmündungen einschiebt. Da der Torf gewöhnlich weit weniger leicht in Brand geräth als Holz, und da in einem Torfmeiler, wegen seiner geringeren Zwischenräume und Dimensionen, eine schwächere Luft-Circulation stattfindet als in einem Holzmeiler, so ist man bei ersterem der Gefahr des Einäscherns in geringerem Grade ausgesetzt, als bei letzterem, und kann daher einen stärkeren Luftzug anwenden. Der gaare Meiler wird auf gewöhnliche Weise abgeputzt und gelöscht oder auch mit einem Lehmbrei beworfen, wodurch seine Abkühlung sehr befördert und der Luftzutritt am besten gehemmt wird. Der nach dem Erkalten des Meilers wieder abgenommene und erhärtete Lehm kann, in Wasser erweicht, zu einem neuen Bewurfe angewendet werden. Das Ziehen der Torfkohlen geschieht auf ganz dieselbe Weise wie das der Holzkohlen. Die größten Torfmeiler, von 25,000 — 30,000 Ziegeln, bedürfen bei günstigem Wetter nur etwa 10 Tage zu ihrer Gaare, die kleineren eine noch kürzere Zeit, aber, im Verhältniß zu ihrer Größe, eine relativ längere.

Die Kohlenausbeute bei der Torfverkohlung in Meilern richtet sich großentheils nach der Art des Torfes und dem Grade seiner Austrocknung. Das Ausbringen nach dem Gewicht pflegt zwischen 25 und 35 Proc., und das nach dem Gemäß-Volum zwischen 30 und 50 Proc. zu variiren.

2) Torfverkohl. in Oefen.

Von den zur Torfverkohlung dienenden Oefen sind nur die Meileröfen hier zu berücksichtigen. Bei der Verkohlung des Torfes in anderen Oefen, macht die Gewinnung der flüchtigen Verkohlungs-Produkte einen Hauptzweck aus. Die Einrichtung der Torf-Meileröfen ist in keinem wesentlichen Umstande von der der Holz-Meileröfen abweichend; nur sind erstere gewöhnlich kleiner und von cylindrischer Gestalt. Oefen, deren Verkohlungsraum 8 — 10 F. Höhe und 5 — 6 F. Durchmesser hat, werden am häufigsten angewendet. Sehr zweckmäßig ist es, ihnen doppelte Umfassungsmauern mit dazwischen befindlicher Sandfüllung zu geben. An ihrem Fuße sind 3 ringsum laufende Reihen Zuglöcher angebracht, 10 — 12 Zoll von einander abstehend. Die Entfernung je zweier Zuglöcher einer Reihe beträgt etwa 6 Z. und der Durchmesser eines Zugloches 1 — 2 Z. In der Mitte der gewöhnlich gewölbten Decke des Ofens ist eine größere runde Oeffnung, theils zum Entweichen des Rauches während der Verkohlung, theils zum Einbringen des Torfes. Gleichfalls zu letzterem Zwecke,

zugleich aber auch zum Ausziehen der Kohlen, befindet sich am Fuße des Ofens eine Thüröffnung, von der Größe, daß ein Arbeiter hindurchkriechen kann. Beim Aufschichten des Torfes in einem solchen Ofen spart man einen schmalen Quandelschacht aus, auf dessen Boden man später trocknes Holz und glühende Kohlen wirft und dieselben mit trocknem Holze, Kiehn u. s. w. bis zur oberen Schachtmündung bedeckt. Während dieses Anzündens sind die beiden oberen Reihen der Zuglöcher geschlossen, die untere dagegen ist geöffnet. Die erwähnte Rauchöffnung in dem Gewölbe des Ofens bleibt während des ganzen Prozesses unbedeckt, die Thüröffnung wird entweder verloren vermauert oder mittelst einer eisernen Thür und angeworfenen Sandes luftdicht verschlossen gehalten. Zeigt sich der Torf, wenn man durch eins der unteren Zuglöcher in den Ofen sieht, in einem anscheinend weißglühenden Zustande, so wird das betreffende Zugloch sogleich zugestopft. Nachdem dies bei allen Oeffnungen der unteren Reihe geschehen ist, öffnet man die zweite Reihe u. s. w. Ist auch die dritte Reihe geschlossen, so wartet man so lange, bis kein Rauch mehr durch die Rauchöffnung dringt, worauf man diese mit einer eisernen Platte bedeckt, und den Torf der Abkühlung überläßt. Diese erfordert bei einem Ofen von etwa 200 Cub.-F. Inhalt 6 — 7 Tage, welche Zeit jedoch dadurch, daß man, nachdem der Torf einen Tag über oder länger gekühlt hat, Wasser in den Ofen spritzt, beträchtlich abgekürzt werden kann. —

Das Ausbringen in diesen Oefen ist in der Regel durchaus nicht höher als das in den Meilern erreichbare. Die Vortheile, welche dieselben im Vergleiche mit letzteren gewähren, bestehen hauptsächlich darin, daß der Torf in ihnen mehr gegen den Wind geschützt ist und daß der Köhler die Herstellung der Meilerdecke erspart. Der erste Vortheil ist aber auch bei einer festen Meilerstätte nicht unerreichbar und der zweite kommt, im Vergleiche zu den Herstellungs- und Unterhaltungs-Kosten der Oefen, nicht sehr in Betracht, besonders da man bei einer stärkeren Produktion genöthigt ist, eine größere Anzahl solcher Oefen im Betriebe zu haben. Zu Oberndorf in Würtemberg befinden sich nach Knapp, deren zehn. — Abbildungen von Torf-Meileröfen findet man in Karsten's System der Metallurgie, Fig. 337 und in Knapp's Technologie, Bd. I., S. 43. —

Verkohlung von gepreßtem Torf.

W. Williams (Bergwerksfreund Bd. IV., S. 193) führt an, daß man durch Verkohlung der stark gepreßten aschenarmen Torfsorten eine vorzügliche Kohle erhält, welche den verkohlten Steinkohlen (Kohks) in ihrem specifischen Wärme-Effekte nicht nachstehen soll (?). Der hierzu angewendete Torf kann entweder trocken oder naß gepreßt werden. In letzterem Falle liefert er die dichtesten Kohlen. Die Verkohlung geschieht in Oefen von der eben beschriebenen Art.

VIII. Von der verkohlten Braunkohle.

Alle Versuche, welche man bisher über die Verkohlung der Braunkohlen angestellt hat, haben ergeben, daß das hierdurch erzeugte Produkt eine Eigenschaft besitzt, welche es zur Anwendung bei den meisten metallurgischen Processen untauglich macht. Die verkohlten Braunkohlen zeigen sich nämlich nicht allein von einer ähnlichen Sprödigkeit wie die Torfkohlen, sondern dieselben sind auch ohne äußeren Druck dem Zerbröckeln ausgesetzt. Frisch verkohlte größere Stücke zerfallen gewöhnlich nach einiger Zeit von selbst, noch schneller aber beim Transporte. Es scheint, daß sich theils beim Verkohlen, theils beim Liegen der verkohlten Braunkohlen in der Luft eine Menge feiner Sprünge in denselben bilden, welche sich, während die Kohlen Feuchtigkeit anziehen, noch mehr öffnen und das endliche Zerfallen derselben bewirken. So lange man daher kein zweckmäßiges Bindemittel für dieses Kohlenklein ausfindig gemacht hat, wird das Verkohlen der Braunkohlen — was übrigens auf gleiche Art wie das der Steinkohlen geschehen kann — wohl nirgends in Aufnahme kommen. Nur die beste Sorte der Braunkohlen, die Pechkohle, ist jenem Uebelstande nicht ausgesetzt. Dieselbe steht aber der Steinkohle in ihren Eigenschaften so nahe, daß sie, wenn man die auf geognostische Prinzipien basirte Eintheilung außer Acht läßt, mit gleichem Rechte zu den Steinkohlen wie zu den Braunkohlen zu zählen ist. Besäßen die verkohlten Braunkohlen eine bessere Consistenz, so würden sie, wenigstens die aschenärmeren Varietäten derselben, ein vortreffliches Brennmaterial abgeben*). Nach Versuchen im Kleinen (**Knapp's** Techn. Bd. I. S. 45) liefern die meisten aschenärmeren Braunkohlenarten 40 — 50 Gew.-Proc. Kohle. Eine Braunkohle, welche bei langsamer Verkohlung 48 Proc. Kohle hinterläßt, giebt bei rascher Verkohlung, nach **Karsten**, nur etwa 36 Proc. —

---

*) Zufolge A. **Roscher's** Erfahrungen (**Erdmann's** Journ. II, Bd. 2, S. 10) soll das Zerbröckeln der verkohlten Braunkohlen vermieden werden können, wenn man frische (unverwitterte) Braunkohlen völlig lufttrocken macht und sie darauf einer sehr langsamen Verkohlung in verschlossenen Gefäßen unterwirft. Hierzu hat **Roscher** einen besonders construirten Ofen angegeben. — J. B. **Mayer** (Bergwerksfr. Bd. 11, S. 377) führt an, daß man aus den Braunkohlen sehr brauchbare feste Kohlen erhalte, wenn dieselben in dem Zustande, wie sie aus der Grube kommen, sogleich verkohlt werden. Er ist der Meinung, daß das Zerbröckeln der verkohlten Braunkohlen von einer Verwitterung der unverkohlten herrühre, welche eintritt, wenn letztere vor der Verkohlung zu lange der Einwirkung der Luft ausgesetzt bleiben. —

IX. Von den Kohks.

A. Eigenschaften der Kohks.

Arten der Kohks.

Kohks nennt man die durch Verkohlung der Steinkohlen dargestellte Kohle, welche sich in mehreren Eigenschaften wesentlich von der Holzkohle unterscheidet. Durch die Eintheilung der Kohks in **Sand-**, **Sinter-** und **Back-Kohks** wird ihre Darstellung aus den gleichbenannten Steinkohlenarten angedeutet. Unter **Gas-Kohks** versteht man die bei der Bereitung des Steinkohlengases in den Retorten zurückbleibenden Kohks. — Der Anthracit wird wegen seines hohen Kohlenstoffgehaltes keiner Verkohlung unterworfen.

Aeußere Verschiedenheit ders.

Die äußere Beschaffenheit der Kohks ist eine sehr verschiedene. Die Sandkohks bestehen aus kleinen, gewöhnlich nur schwach glänzenden oder glanzlosen Stücken, ähnlich der verkohlten Braunkohle; die Sinterkohks zeigen mehr Glanz und das eigenthümliche, durch ihren Namen angedeutete Ansehen; die Backkohks endlich besitzen einen fast metallischen Glanz (Seidenglanz oder starken Fettglanz), eine lichte oder dunkle eisengraue Farbe und, was dieselben besonders charakterisirt, eine mehr oder weniger blasige Struktur, gleich einer zäh geschmolzenen Schlacke oder Lava. Es ist kaum nöthig hinzuzufügen, daß diese Eintheilung nicht vollkommen scharf ist, sondern daß es Kohks giebt, deren Eigenschaften es zweifelhaft machen, zu welcher dieser Klassen man sie zählen soll. — Der verschiedene Habitus der Kohks ist in der chemischen Constitution der zu ihrer Darstellung angewendeten Steinkohlen begründet. Von der elementairen Zusammensetzung der Sand-, Sinter- und Backkohlen wurden bereits früher (s. Eigenschaften der Steinkohlen) instruktive Beispiele angeführt. Nach diesen hat es den Anschein, als ob der chemische Unterschied derselben hauptsächlich in Folgendem beruhe. Fast alle Steinkohlen — den Anthracit unberücksichtigt gelassen — enthalten eine gleiche Menge Wasserstoff, nämlich etwa 5 — 6 Proc., während ihr Gehalt an Kohlenstoff und Sauerstoff veränderlich ist; ersterer variirt meistens zwischen 76 und 90 Proc. und letzterer zwischen 4 und 18 Proc. Der höchste Sauerstoffgehalt, von ungefähr 15 — 18 Proc., kommt nach **Regnault's** Analysen den Sandkohlen zu, ein mittlerer Sauerstoffgehalt, von 10 — 15 Proc., den Sinterkohlen, und der niedrigste, von 5 — 10 Proc., den Backkohlen. Dieser Verschiedenheit in der Zusammensetzung entspricht folgendes Verhalten der Steinkohlen bei ihrer Verkohkung. Die Sandkohlen verhalten sich hierbei ähnlich wie die Braunkohlen; zwar schwinden sie etwas weniger als diese, zerfallen aber häufig theils während, theils nach der Verkohkung in Stücke. Die Sinterkohlen verändern Volumen und Gestalt durch Verkohken fast

Ursache dies. Verschiedenheit.

Verschied. Verhalt. d. Steinkohl. beim Verkohken.

gar nicht. Die Backkohlen unterscheiden sich von den beiden vorhergehenden dadurch, daß sie in der Glühhitze in den Zustand einer mehr oder minder vollkommenen Erweichung gerathen, wodurch sie ihre frühere Gestalt gänzlich einbüßen. Die Gase, welche sich aus dieser breiartigen, nach und nach eine festere Consistenz annehmenden Masse entwickeln, geben zur Entstehung der für die Backkohken so charakteristischen Blasenräume Veranlassung, denen die beim Verkohlen dieser Steinkohlenart stets eintretende Volum-Zunahme zuzuschreiben ist. Die Vergleichung der elementairen Zusammensetzung der genannten Hauptarten der Steinkohlen mit ihrem eben angeführten Verhalten bei der Verkohkung führt zu der Annahme: 1) daß die Backkohlen entweder einen — hauptsächlich wohl aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden — organischen Stoff*) enthalten, welcher bei höherer Temperatur in Schmelzung geräth, oder daß sich ein solcher Körper, was wahrscheinlicher ist, durch Erhitzung in ihnen bilde; 2) daß der in den Sinterkohlen und Sandkohlen vorhandene größere Sauerstoffgehalt die Wirkung oder Bildung dieses Körpers beeinträchtige, ohne sie jedoch — wie sich besonders aus der Beschaffenheit der Sinterkohlen zu erkennen giebt — gänzlich zu verhindern. Sogar die Sandkohlen zeigen mitunter Spuren einer angehenden Schmelzung, wovon man sich überzeugen kann, wenn man sie unter der Loupe betrachtet. —

Ob alle Steinkohlen, deren Zusammensetzung innerhalb der eben aufgestellten 3 Abtheilungen fällt, auch das diesen Abtheilungen entsprechende Verhalten beim Verkohken zeigen, kann durch die bis jetzt hierüber angestellten Versuche noch nicht als unbedingt ausgemacht betrachtet werden. Ganz gewiß ist es aber, daß es Steinkohlen giebt, welche in Bezug auf ihre Zusammensetzung in keine jener Klassen gehören, sich bei ihrer Verkohkung aber gleichwohl als Sinter- oder Sandkohlen zu erkennen geben. Dies sind Steinkohlen, deren chemische Constitution zwischen denen der Backkohlen und Anthracite steht, welche also zwischen 3 und 5 Proc. Wasserstoff und eine etwa eben so große Menge Sauerstoff enthalten. Dieselben verkohken sich mit allen Kennzeichen der Sand- oder Sinterkohlen, ja sie geben zuweilen sogar eine Art von Backkohk. Wenn man diese anthracitartigen Steinkohlen theils zu den Sand-, theils zu den Sinterkohlen rechnet, so berücksichtigt man zwar ihr Verhalten beim Verkohken und theilweise auch ihre geognostische Stellung, aber nicht ihre chemische Zusammensetzung. Ein anschauliches Bild von diesen Verhältnissen wird folgendes Schema geben.

Anthracitartige Steinkohlen.

*) Nach Lampadius ist dieser Stoff ein durch Schwefelalkohol ausziehbares fossiles Harz. —

		C.	H.	O.
Flötz-Formation.	Sandkohlen . .	75—80	5—6	15—20
	Sinterkohlen . .	80—85	5—6	10—15
	Backkohlen . . .	85—90	5—6	5—10
	Anthracitartige Sinter- und Sandkohlen .	90—95	3—5	3— 5
Uebergangs-Formation.	Anthracitartige Sinter- und Sandkohlen *)	90—95	3—5	3— 5
	Anthracit . . .	95—98	1—3	1— 3

Im Allgemeinen läßt sich annehmen, daß die, bereits an die Braunkohlen erinnernden, Sandkohlen den jüngeren, die Backkohlen, so wie ein Theil der anthracitartigen Sinter- und Sandkohlen dagegen den älteren Gruppen der Flötz-Formation angehören. Die hierbei stattfindenden Ausnahmen beweisen nur, daß es nicht die Zeit allein ist, welche Holz allmälig in Braunkohle, Steinkohle und Anthracit umwandelt, sondern daß dieser Zersetzungs-Proceß durch andere Umstände beschleunigt werden kann. Wie dem aber auch sey, so ergiebt sich — wenn wir in dem obigen Schema nur die chemische Zusammensetzung und nicht das geologische Alter berücksichtigen — daß 1) der Kohlenstoffgehalt von den Sandkohlen abwärts stetig zunimmt, und daß 2) die Eigenschaft, backende (breiartige) Kohks zu bilden, von den Backkohlen sowohl aufwärts als abwärts abnimmt. Es ist daher einleuchtend, daß es leicht Irrungen und anscheinende Widersprüche veranlassen kann, wenn man diejenigen Sinter- und Sandkohlen, welche wir »anthracitartige« benannt haben, unter den gewöhnlichen, den Braunkohlen nahestehenden Sinter- und Sandkohlen aufführt.

Bestandtheile der Kohks.

Alle Kohks bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff und Aschentheilen und enthalten, wenn sie längere Zeit aufbewahrt worden sind, eine veränderliche Menge hygroskopisches Wasser. Einen nicht ganz unbeträchtlichen Wasserstoffgehalt besitzen nur die Gaskohks, weil sie bei einer weniger hohen Temperatur und zum Theil auch unter anderen Verhältnissen als die übrigen dargestellt wurden. — Der Aschengehalt der Kohks muß natürlich größer seyn, als der der Steinkohlen, aus welchen man dieselben gewann. Der Aschengehalt der letzteren schwankt, wie wir

Aschengehalt.

*) Daß die anthracitartigen Sinter- und Sandkohlen sich sowohl in der Flötz-Formation als im Uebergangsgebirge finden, scheint nicht bloß der Natur der Sache gemäß, sondern ist auch durch Beobachtungen nachgewiesen. —

früher sahen, zwischen 1 und 30 Proc. Durch Verkohkung einer 30 Proc. Asche haltenden Steinkohle würde man Kohks von 40 — 50 Proc. Asche erhalten. So aschenreiche Steinkohlen werden aber fast nie zur Verkohkung angewendet. Bei den metallurgischen Schmelz-Processen, namentlich beim Eisenschmelzen, gebraucht man nicht gern Kohks, die mehr als 10 — 12 Proc. Asche zurücklassen, die also aus Steinkohlen dargestellt wurden, deren Aschengehalt etwa 5 — 6 Proc. betrug. Sind dieselben aschenreicher, so verursachen sie durch die Strengflüssigkeit ihrer alkalifreien Asche leicht Unordnungen im Schmelzgange. Viele Eisenhohöfen werden mit Kohks von weniger als 5 Proc. Aschengehalt betrieben. Die Bestandtheile der in den Kohks vorhandenen Aschentheile sind nur insofern von denen der Steinkohlenasche verschieden, als letztere einer Veränderung durch die Verkohkung unterworfen sind. Dies ist besonders mit dem in den Steinkohlen so häufig eingesprengt vorkommenden Schwefelkies der Fall, welcher während der Verkohkung abgeröstet wird, hierbei aber die Bildung von schwefelsauren Salzen (aus den in der Asche vorhandenen Erdbasen) veranlaßt. Wegen dieser Abröstung des Schwefelkieses pflegt man die Verkohkung auch **Abschwefeln** der Steinkohlen zu nennen. — **Hygroskopisches Wasser** ziehen die Kohks, da sie im Allgemeinen von geringerer Porosität sind als die Holzkohlen, weniger leicht an als diese. Nur wenn sie während längerer Zeit der unmittelbaren Einwirkung feuchter Witterung ausgesetzt werden, kann ihr Wassergehalt so hoch steigen — bis auf 20 Proc. und darüber —, daß ihre Brauchbarkeit sehr dadurch beeinträchtigt wird. Kohks, welche, wie an vielen Orten der Fall, ganz in der Nähe des Hüttenwerks dargestellt und bald darauf verbraucht werden, erreichen bei guter Witterung wohl kaum einen höheren Wassergehalt als 5 Proc., wenn sie nicht ungewöhnlich porös sind.

Feuchtigkeitsgehalt.

Zusammensetz. d. Kohks.

Fassen wir das über die Bestandtheile der Kohks Angeführte zusammen, so läßt sich hieraus folgendes allgemeine Bild von der Zusammensetzung gewöhnlicher guter Kohks entwerfen.

85—92 Proc. Kohlenstoff,
3— 5 » Aschentheile,
5—10 » hygrosk. Wasser.

Die **Brennbarkeit** der Kohks ist, wegen Dichtigkeit ihrer Masse und Mangels an flüchtigen Bestandtheilen, sehr gering. Sie erfordern zu ihrer Entzündung eine mehr oder weniger starke Glühhitze und zu ihrem Fortbrennen einen gepreßten Luftstrom.

Flammbarkeit zeigen die Kohks, mit Ausnahme einiger Gaskohks, nur unter ähnlichen Verhältnissen wie die Holzkohlen und in einem noch geringeren Grade.

Absolut. W.-E. d. Kohks.

Der **absolute Wärme-Effekt** der Sand-, Sinter- und Backkohks

von der eben angenommenen Zusammensetzung ergiebt sich, im Vergleiche zu dem des reinen Kohlenstoffes, = 0,85—0,92. Bei den Gaskohks hat der Wasserstoffgehalt eine nicht unerhebliche Erhöhung, sowohl des absoluten als specifischen Wärme-Effektes zur Folge.

Specif. W.-E. d. Kohks.

Der specifische Wärme-Effekt der Kohks kann, wenn er einigermaßen allgemein bestimmt werden soll, nur einer sehr oberflächlichen Schätzung unterworfen werden, theils weil es an direkten Angaben der betreffenden specifischen Gewichte fehlt, theils aber auch, weil diese bei einer und derselben Kohksart und bei gleichen Aschenmengen verschieden ausfallen können. Namentlich ist das spec. Gew. der Backkohks großen Differenzen unterworfen*). Folgende Angaben, die aus dem durchschnittlichen absoluten Gewichte eines bestimmten Maaßes Kohks im Vergleich mit dem Gewichte eines gleichen Maaßes Holzkohlen**) und mit Zuziehung der von Hassenfratz angegebenen specifischen Gewichte der letzteren (s. specifisch. Wärme-Effekt der Holzkohle) berechnet sind, können daher bloß als Annäherungen betrachtet werden, die nur so lange einigen Werth besitzen, als es an direkten Bestimmungen hierüber fehlt.

	Spec. Gewicht.	Mittleres spec. Gewicht.
Sandkohk . . .	0,45—0,50	0,48
Sinterkohk . . .	0,40—0,45	0,43
Backkohk . . .	0,30—0,40	0,35

Die Kohks sind hierbei mit 5 Proc. Asche und ohne hygroskopisches Wasser angenommen. In demselben Verhältnisse, wie diese Zahlen zu einander, stehen annähernd die specifischen Wärme-Effekte der verschiedenen Kohksarten. Um dieselben mit denen anderer Brennmaterialien vergleich-

*) Unter spec. Gew. der Kohks wird hier natürlich, wie bei allen Brennmaterialien, das spec. Gew. ihrer mit Luft erfüllten porösen Masse verstanden. —

**) Nach einer sehr großen Anzahl auf preußischen Eisenhütten vorgenommener Gewichts-Bestimmungen, giebt Karsten folgende durchschnittliche absolute Gewichte eines rheinl. Cub.-F. Holzkohlen und Kohks an:

Kiefernkohlen	11 — 11,6	preuß. Pfund.
Eichen und Buchenkohlen, gemengt . . .	14 — 15	» »
Sandkohk, in Theeröfen verkohkt	38	» »
Sandkohk, in Meilern verkohkt	35	» »
Sinterkohk, desgleichen	33	» »
Backkohk, desgleichen	25 — 28	» »
Backkohk, in Oefen verkohkt	22 — 25	» »

Als absolutes Gewicht eines Cub.-F. Kohlen und Kohks ist hier $\frac{1}{7,111}$ von dem Gewichte einer preuß. Tonne (= 7,111 Cub.-F.) in Rechnung gebracht; es sind also Kohlen und Kohks inclusive der beim Einmessen entstehenden Zwischenräume gemeint.

bar zu machen, müssen sie mit dem absoluten Wärme-Effekte der wasserfreien und 5 Proc. Asche haltenden Kohks, also mit 0,95, multiplicirt werden. Hierdurch erhält man:

	Spec. Wärme-Effekt.
Sandkohk	0,46
Sinterkohk	0,41
Backkohk	0,33
Gewöhnliche Holzkohle	0,10—0,20.

Pyrometr. W.-E. d. Kohks.

Der **pyrometrische Wärme-Effekt** der aschenarmen und trocknen Kohks kann begreiflicherweise nicht erheblich verschieden von dem der trocknen Holzkohlen seyn. Für andere Fälle läßt sich derselbe leicht nach der Formel 8 (S. 149) berechnen. — Man sollte glauben, daß eine Kohksorte von genau derselben Zusammensetzung wie eine Holzkohle bei ihrer Verbrennung genau denselben Hitzgrad hervorbringen müßte wie letztere. Dies sagt uns wenigstens die Formel 8; und in gewisser Beziehung ist dies auch vollkommen richtig. In der Praxis giebt sich aber gleichwohl ein nicht unerheblicher Unterschied zu erkennen, indem sich mit guten Kohks Schmelzungen ausführen lassen, die man, unter sonst gleichen Umständen, mit besten Holzkohlen nicht bewirken kann. Worin der Grund dieser unleugbaren Thatsache liegt, wird in einem späteren Abschnitte (s. Von den Wärme-Beförderungsmitteln) auseinandergesetzt werden.

B. Gewinnung der Kohks.

Chemischer Hergang bei d. Verkohkung.

Der chemische Hergang bei der Verkohkung ist, wie es sich aus der verwandten Natur der Steinkohle und des Holzes vermuthen läßt, im Wesentlichen ein ganz ähnlicher wie bei der Holzverkohlung. Die Abweichungen, welche zwischen beiden Processen stattfinden, sind begründet 1) in der quantitativ verschiedenen Zusammensetzung beider Brennmaterialien, 2) in der verschiedenen Gruppirung der Elemente, welche in der Steinkohle theilweise zu anderen organischen Stoffen verbunden sind als im Holze, 3) in dem Stickstoff- und — was die schwefelkiesführenden Steinkohlen betrifft — Schwefel-Gehalte der Steinkohlen, 4) in der zur Verkohkung erforderlichen Temperatur, welche höher ist, als die, in welcher die Holzverkohlung vor sich geht. Nur der letztgenannte dieser Umstände bedingt eine Verschiedenheit zwischen der **Leitung** des Verkohkungs- und der des Holzverkohlungs-Processes, alle vier Umstände tragen aber zu Modifikation der **flüchtigen Zersetzungs-Produkte** bei. Diese bestehen zwar auch bei der Verkohkung aus **Gasen** und **Flüssigkeiten**, allein in beiden finden sich, wenn auch analoge, doch keineswegs ganz dieselben Bestandtheile wie bei der Holzverkohlung. — Die Gase enthalten, außer Kohlensäure, Kohlenoxyd,

Produkte d. Verkohkung.

Wasserstoff und Kohlenwasserstoff (CH^4), auch noch ölbildendes Gas (CH^2), Ammoniak, Stickstoff und — bei schwefelkieshaltigen Steinkohlen — Schwefelwasserstoff. Die Flüssigkeiten bestehen aus einer wässerigen und einer öligen, dem Steinkohlentheer, in welchem einige der im Holz-Theer enthaltenen, zugleich aber auch andere sehr charakteristische Stoffe vorkommen. — Ein instruktives Beispiel von den relativen Mengen dieser Zersetzungs-Produkte können wir aus Bunsen's und Playfair's Arbeit on the gases evolved from iron-furnaces etc. (Report on the 15th. meeting of the British Association for the advancement of science, 1845. p. 142) entnehmen. Die genannten Chemiker fanden, daß 100 Gwthle. Steinkohle (von Gasforth) durch langsame trockne Destillation in einer gußeisernen Retorte folgende Gewichtsmengen der verschiedenen Zersetzungs-Produkte lieferten:

	Kohk	68,925	
Flüssige Destill.-Prod.	Theer	12,230	= 19,799
	Wasser	7,569	
Gasförm. Destill.-Prod.	Kohlenwasserstoff (CH^4)	7,021	= 11,276
	Kohlenoxyd	1,135	
	Kohlensäure	1,073	
	Oelbildendes Gas (CH^2)	0,753	
	Schwefelwasserstoff	0,549	
	Wasserstoff	0,499	
	Ammoniak	0,211	
	Stickstoff	0,035	
		100,000	

Die gasförmigen Destillations-Produkte bestehen hiernach in 100 Gewichtstheilen aus:

Kohlenwasserstoff (CH^4)	62,27
Kohlenoxyd	10,07
Kohlensäure	9,51
Oelbildendes Gas (CH^2)	6,67
Schwefelwasserstoff	4,87
Wasserstoff	1,42
Ammoniak	1,87
Stickstoff	0,32
	100,00

Bei rascher Destillation ist das Gewichts-Verhältniß sämmtlicher Zersetzungs-Produkte ein anderes; es wird dabei mehr ölbildendes Gas, dagegen weniger Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd entwickelt, und zugleich sind die Gesammt-Quantität der Gase und die Wassermenge geringer, die Theer-

menge aber ist größer. — Wird die Verkohkung nicht in verschlossenen Gefäßen, sondern unter Luftzutritt ausgeführt, so geschieht die Destillation auf Kosten sowohl eines Theiles der brennbaren flüchtigen Zersetzungs-Produkte als der gebildeten Kohks.

Temperatur, bei welcher d. Verkohkung stattfindet.

Die zur Verkohkung erforderliche Temperatur ist, wie schon erwähnt, eine höhere als bei der Holzverkohlung. Die Sand- und Sinterkohlen — nämlich nicht die anthracitartigen, sondern die den Braunkohlen verwandten — fangen zwar vor dem Rothglühen an, sich zu zersetzen, allein doch erst in einer Temperatur, in welcher das Holz bereits zu Rothkohle umgewandelt seyn würde. Die Backkohlen, noch mehr aber die anthracitartigen Sand- und Sinterkohlen verlangen dagegen Glühhitze zu ihrer Zersetzung, und ihre vollständige Verkohkung erfolgt erst in sehr starker Rothgluth.

Procentisches Kohksausbringen

Das procentische Kohksausbringen ist zunächst von demselben Umstande abhängig, den wir durch die Karsten'schen Versuche bei der Holzverkohlung kennen gelernt haben, nämlich von der verhältnißmäßigen Zeitdauer der Verkohkung. Dieselben Ursachen, welche darauf hinwirken, daß man durch rasche Verkohlung des Holzes nur etwa 12—16 Proc., durch langsame Verkohlung desselben dagegen 25—28 Proc. Kohle erhält, haben bei der Verkohkung der Steinkohlen einen ganz ähnlichen, obwohl weniger bedeutenden Unterschied in der Ausbeute zur Folge. Die hierbei zwischen rascher und langsamer Verkohkung stattfindende Differenz beläuft sich, nach Karsten, nur etwa auf 4—6 Proc. Bei den anthracitartigen Sinter- und Sandkohlen ist sie noch geringer, bei den braunkohlenartigen Sand- und Sinterkohlen aber größer. Eine andere wesentliche Rolle beim Kohksausbringen spielt die Zusammensetzung der Steinkohle, indem es in dieser Beziehung ankommt 1) auf den Kohlenstoffgehalt der Steinkohle, 2) auf den Aschengehalt derselben, 3) auf das Verhältniß, in welchem die procentischen Mengen des Wasserstoffs und Sauerstoffs zu einander stehen, 4) auf die Art der chemischen Verbindungen, zu welchen C, H und O mit einander vereinigt sind. Unter solchen Umständen läßt sich natürlich, selbst bei Steinkohlen gleicher Gattung, durchaus kein Kohksausbringen nach einem constanten Verhältnisse erwarten. Dies wird durch die Erfahrung vollkommen bestätigt. — Ueber den als Kohk darstellbaren Kohlegehalt verschiedener Arten Steinkohlen hat Karsten (Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., Bd. 2, S. 413—415) zahlreiche Beispiele mitgetheilt, welche wir hier entlehnen.

100 Gwthle. Steinkohle von:		hinterlassen: Kohks.	Asche.	Reine Kohle.
Sandkohlen.				
Ober-Schlesien	Caroline	65,6	2,8	62,8
	Charlotte	67,5	2,42	65,08
	Beate	66,8	11,9	54,9
	Theodor	53,5	1,9	51,6
	Josepha	56,9	3,4	53,5
Nieder-Schlesien	Laura	70	1,85	68,15
	Laura	73,5	2,4	71,1
	Fuchsgrube	59,1	2,1	57
Saarbrücken	Geislautern	62,1	3,9	58,2
England	Kennelkohle	69,8	13,3	56,5
	Brasilien	59,5	1,6	57,9
	Ebendaher	66,5	28,4	38,1
Sinterkohlen.				
Ober-Schlesien	Königin Louise	67	1,2	65
	Königsgrube	65,3	0,6	64,7
	Henriette	63,8	1,65	62,15
	Treue Caroline	61,5	4,8	56,7
Nieder-Schlesien	David	68	2	66
	Louise Auguste	66,5	1,3	65,2
	Frischauf	78,8	23,4	55,4
	Frischauf	73	8	65
Saarbrücken	Prinz Wilhelm	62,1	1,3	60,8
	Merchweiler	61,88	0,9	60,98
	Gerhardgrube	58,5	1,6	56,9
Sachsen	Planitz (Pechkohle)	64,5	1,1	63,4
Backkohlen.				
Ober-Schlesien	Friedrich zu Zawada	60	2,1	57,9
	Sackgrube zu Czernitz	58,5	5,8	52,7
	Stollenflötz zu Hultschin	86,9	2,1	84,8
Nieder-Schlesien	Gnade Gottesgrube	66,8	4,65	62,15
	Gustavgrube	69,9	1,9	68
	Glückhilfgrube	68	0,8	67,2
	Kombinirte Abendröthe	75	4,9	70,1

100 Gewthle. Steinkohle von:		hinterlassen: Kohks.	Asche.	Reine Kohle.
Backkohlen.				
Saarbrücken	Sulzbach Duttweiler . .	64	0,15	63,85
	Friedrichsthal	64,8	0,65	64,15
	Wellesweiler	65,6	1	64,6
Saalkreis	Wettin	78	10,8	67,2
	Wettin	81,1	24,4	56,7
	Wettin	77,5	5,1	72,4
Eschweiler	Fornagelflötz	80	1,3	78,7
	Schlemmerichflötz . . .	84,5	3,25	81,25
	Flötz-Gyr	81,5	1,17	80,33
Westphalen	Hütterbank	86,3	1	85,3
	Sälzer und Neuack . .	82,3	0,7	81,6
	Stock und Scheerenberg .	80,1	0,65	79,45
England	Kennelkohle	51	0,5	50,5
	Kennelkohle	61,5	5,5	56
	Newcastle	68,5	0,85	67,65
Sachsen	Pottschappel (Gute Schicht)	68,7	27,7	41
Frankreich	Burg-Lastic	82,9	5,8	77,1
	Anzin	75	3,5	71,5
	Foudary	78,8	7,2	71.5
	Creuzot	68,8	3,4	65,4
Anthracitartige Sinterkohlen.				
Ober-Schlesien	Therese zu Hultschin . .	88,4	2,66	85,74
Saalkreis	Löbejün	89,1	9,1	80
	Löbejün	90	20	70
Westphalen	Turteltaube	86,8	2,4	84,4
	Louisen-Erbstollen . . .	72,8	1,4	71,4
	Sperling	85,5	3,5	82
	Hamburg	89,1	0,9	88,2
Belgien	Mons	88	2,5	85,5

100 Gwthle. Steinkohle von:		hinterlassen:		
		Kohks.	Asche.	Reine Kohle.
Anthracitartige Sandkohlen.				
Aus dem Bardenbergischen	Neu Langenberg	93,6	0,8	92,8
	Hoheneich	94,8	1,2	93,6
	Fürth	95	0,7	94,3
	Abgunst	96,4	1,75	94,65
Saalkreis	Löbejün	92	7	85
	Löbejün	90	9,9	80,1
Westphalen	Alter Hase	92,5	1,7	90,8
	Hundsnocken	92,8	0,6	92,2
	Schwarzer Junge	91,9	1,1	90,8

Wenn man bei diesen Beispielen von der darstellbaren Kohksmenge auf die Aschengehalte Rücksicht nimmt und berechnet: welche Kohksausbeute die aschenfreie Steinkohlenmasse in den verschiedenen Fällen gegeben hat, so findet man, daß 1) die Sandkohlen ungefähr 55 — 65 Proc., im Mittel 60 Proc., 2) die Sinterkohlen 60 — 70 Proc., im Mittel 65 Proc., 3) die Backkohlen 60 — 80 Proc., im Mittel 70 Proc., 4) die anthracitartigen Sinterkohlen 85 — 90 Proc., im Mittel 88 Proc., 5) die anthracitartigen Sandkohlen 90 — 94 Proc., im Mittel 92 Proc. Kohks geliefert haben. In Bezug auf den darstellbaren und wirklichen Kohlegehalt (s. Seite 191 und 192) der verschiedenen Steinkohlenarten ergeben sich also folgende Verhältnisse.

	Wirklicher Kohlegehalt.	Darstellbare Kohksmenge.
Sandkohle	75 — 80	55 — 65
Sinterkohle	80 — 85	60 — 70
Backkohle	85 — 90	60 — 80
Anthracitartige Sinterkohle / Anthracitartige Sandkohle . . .	90 — 95	85 — 94

Diese allgemeinen Angaben lassen, wie es unter den obwaltenden Umständen nicht anders möglich ist, die aus einer Steinkohle von gegebenem Kohlegehalt darstellbare Kohksmenge zwischen ziemlich weit von einander entfernten Grenzen schwanken. Noch schwankender werden die Angaben aber dadurch, daß ein größerer Kohlegehalt keinesweges stets einer größeren Kohksausbeute entspricht. Diese Unsicherheiten geben sich in der folgenden Zusammenstellung zu erkennen, welche die Resultate einiger von Regnault,

über die aus verschiedenen Steinkohlen von bekannter Zusammensetzung darstellbare Kohksmenge, angestellter Untersuchungen enthält.

	Kohlegehalt. Proc.	Kohksausbeute. Proc.	Aschenmenge. Proc.
Sandkohlen von:			
1) St. Girons	76,1	40,0	4,08
2) St. Colombe	76,1	41,3	0,89
3) Blancy	78,3	56,0	2,28
4) Noroy	78,3	39,7	19,20
Sinterkohlen von:			
5) Commentry	82,9	63,3	0,24
6) Epinac	83,2	61,5	2,53
7) Geral	84,6	47,3	11,86
Backkohlen von:			
8) Rive de Gier	84,9	63,6	2,72
9) Ebendaher	85,1	69,7	3,57
10) Lancashire	85,8	56,8	2,55
11) Rive de Gier	86,3	63,6	5,32
12) Mons	86,5	nicht angegeben	2,10
13) Lavaysse	86,6	55,7	5,13
14) Mons	87,1	nicht angegeben	3,68
15) Rive de Gier	87,5	68,1	2,99
16) Ebendaher	89,0	68,0	1,78
17) Ebendaher	89,1	69	1,44
18) Newcastle	89,2	nicht angegeben	1,40
19) Obernkirchen	90,4	77,6	1,00
20) Rive de Gier	90,5	75,6	2,96
21) Alais	90,6	74,4	1,41

Sowohl Kohlegehalt als Kohksausbeute sind auf aschenfreie Steinkohlenmasse bezogen. Aus den in der 3ten Rubrik angegebenen Aschengehalten kann man leicht berechnen, wie viel die aschenhaltigen Steinkohlen an aschenhaltigen Kohks geliefert haben. Die angeführten 21 Steinkohlensorten sind dieselben wie die auf S. 191, woselbst die elementaire Zusammensetzung ihrer aschenfreien Masse angegeben wurde. Man ersieht aus den Regnault'schen Untersuchungen, daß die Schwankungen, denen die Kohksausbeute unterworfen ist, in einzelnen Fällen die vorhin aufge-

stellten allgemeinen Grenzen überschreiten. Am unsichersten in dieser Beziehung ist die Kohksausbeute bei den Sandkohlen; dieselbe schwankt, wenn wir Regnault's und Karsten's Versuche zusammenfassen, im Ganzen zwischen 40 und 70 Proc.

Aus den aufgestellten Beispielen, so wie aus theoretischem Gesichtspunkte ergiebt sich, daß man, in Betreff der procentischen Kohksausbeute bei der Verkohkung der Steinkohlen, kein so feststehendes allgemeines Anhalten besitzt, wie dies hinsichtlich des Kohlenausbringens bei der Holzverkohlung der Fall ist. Ein jedes Hüttenwerk, welches Verkohkung betreibt, muß hierüber seine eigenen Erfahrungen sammeln, ohne dieselben jemals, bei der nicht selten wechselnden Beschaffenheit der Steinkohlen eines und desselben Lagers, als gänzlich geschlossen betrachten zu dürfen.

Hauptarten d. Verkohkung im Großen.

Die Verkohkung im Großen wird sowohl unter Zutritt der atmosphärischen Luft, als unter Abschluß derselben ausgeführt. Zu metallurgischen Zwecken gewinnt man die Kohks jedoch nur auf die erste Art, da die kostbaren Apparate, welche die Verkohkung ohne Luftzutritt erfordert, sich für Hüttenwerke noch weit weniger lohnen würden, als die ähnlichen Vorrichtungen, welche zur Verkohlung des Holzes dienen. Wegen der geringen Brennbarkeit der Kohks erreicht man bei der Verkohkung unter Luftzutritt ein fast eben so hohes Kohksausbringen, wie bei der Destillation in luftabgeschlossenen Räumen. Die Verkohkung unter Luftzutritt wird mit ganz ähnlichen Modifikationen ausgeführt wie die Holzverkohlung, nämlich 1) in Meilern, 2) in Haufen und 3) in Oefen. Man verkohkt auf solche Weise nicht bloß die größeren Steinkohlenstücke, die Stückkohlen, sondern auch die bei der Gewinnung, durch den Transport u. s. w. mehr oder weniger zerbröckelten und zerpulverten Steinkohlen, Steinkohlenklein, Steinkohlenkläre oder Staubkohlen. Bei letzteren ist es jedoch Bedingung, daß sie von Backkohlen herrühren, weil man nur in diesem Falle bei ihrer Verkohkung größere und feste Kohkstücke erhält, was durch die früher erwähnte Eigenschaft der Backkohlen, in höherer Temperatur zu erweichen und eine zäh geschmolzene Masse zu bilden, bewirkt wird. In dem Folgenden soll zuerst das Verkohken der Stückkohlen und darauf das Verkohken der backenden Staubkohlen beschrieben werden, welches einige besondere Vorkehrungen erfordert.

1) Verkohkung der Stückkohlen.

Die Verkohkung der Stückkohlen wird an den meisten Orten in Meilern oder in Haufen ausgeführt. Die kostbarere Ofen-Verkohlung wendet man gewöhnlich nur in Fällen an, wo es sich um die Ansammlung eines Theiles der flüchtigen Zersetzungs-Produkte handelt.

α. Meiler-Verkohkung.

Auswahl u. Vorbereitung d. Steinkohlen.

Die sich am besten zur Meiler-Verkohkung wie überhaupt zur Verkohkung für Hüttenwerke eignenden Steinkohlen sind diejenigen, welche zwischen Backkohlen und Sinterkohlen etwa in der Mitte stehen und dabei keinen zu hohen Aschengehalt besitzen. Man erhält aus ihnen die festesten und dichtesten Kohks. Sollen diese zum Eisenhohofen-Betriebe angewendet werden, so ist es erforderlich, daß die Steinkohlen möglichst schwefelfrei sind, also weder Schwefelkies noch — wie es an einigen Stellen der Fall ist — Gyps bei sich führen. Letztere Einmengung ist fast noch schlimmer als die erste, da der Schwefelgehalt des Gypses durch die Verkohkung nicht abnimmt; doch wirkt er beim Eisenschmelzen nicht ganz so schädlich wie der des Schwefelkieses. Nur an den wenigsten Orten hat man jedoch über diese vorzüglichste, an schädlichen Beimengungen freie Steinkohle zu disponiren, und man muß meist zufrieden seyn, wenn sich Steinkohlen finden, die nicht allzu schlechte Eigenschaften zur Verkohkung besitzen, gleichviel ob es Sand-, Sinter- oder Backkohlen sind. Daß sich die Sand- und Sinterkohlen im Allgemeinen weniger zur Verkohkung eignen als die Backkohlen, hat folgenden Grund. Fast alle Steinkohlen sind mehr oder weniger mit Sprüngen und Ablösungsklüften erfüllt und bestehen, selbst in kleineren Stücken, aus ungleichartigen, der ursprünglichen Schichtungsfläche parallelen Lagen, welche theils von verschiedener Zusammensetzung der Kohle, theils von fremdartigen Beimengungen herrühren; nicht selten kommen auch Streifen oder unregelmäßige Partien von Faserkohle (mineralische Holzkohle) darin vor. Alle solche zur Undichtheit und Ungleichartigkeit ihrer Masse beitragenden Umstände wirken darauf hin, daß die Steinkohlen, wenn sie nicht zu den backenden oder stark sinternden gehören, entweder während der Verkohkung in größere oder kleinere Stücke zerfallen oder daß die aus denselben dargestellten Kohks im Schachtofen zerdrückt werden. Aber auch diejenigen Backkohlen, welche sich bei der Verkohkung sehr stark aufblähen, geben weniger gute Kohks als die den Sinterkohlen nahestehenden, weil ihre Masse durch die vielen und großen Blasenräume bedeutend an Festigkeit verliert. Eine starke Beimengung von Faserkohle, wenn sie auch den Zusammenhalt der aus Backkohlen dargestellten Kohks nicht aufzuheben vermag, verursacht gleichwohl große Uebelstände. Die sehr schwer verbrennliche und leicht zu Pulver werdende Faserkohle häuft sich im Schachte an, deprimirt die Hitze und bringt Unordnungen in den Schmelzgang. — Gypshaltige, zur Verkohkung bestimmte Backkohlen hat man dadurch zu reinigen versucht, daß man sie mittelst eines Walzwerkes zerkleinerte, darauf siebte und mit dem von einer Dampfmaschine abfallenden warmen Wasser auslaugte. Das so behandelte Steinkoh-

lenklein wurde alsdann auf die bei backenden Staubkohlen gebräuchliche Art verkohkt (s. Lampadius, Neuere Fortschritte im Gebiete d. Hüttenk., S. 36). — Einer weiteren Vorbereitung als des Aushaltens der zur Verkohlung untauglichen Stücke bedürfen die Steinkohlen in der Regel nicht. Nur wenn dieselben sehr durchnäßt aus der Grube kommen, müssen sie durch lockeres Aufschichten an einem luftigen Orte zuvor getrocknet werden. Bei nassen Sand- und Sinterkohlen ist die Austrocknung jedoch meist von keinem Nutzen, da sie nach derselben gewöhnlich in einem sehr zerklüfteten Zustande zurückbleiben, welcher ihr gänzliches Zerfallen bei der Verkohkung herbeiführt.

Auswahl u. Vorbereitung d. Meilerstätte.

Die Kohks-Meilerstätten befinden sich entweder nahe bei den Steinkohlengruben oder in der Nähe des betreffenden Hüttenwerkes. Die Anforderungen an eine Meilerstätte dieser Art sind im Allgemeinen ganz dieselben wie die, welche an eine Kohlen-Meilerstätte gemacht werden. Wegen der beträchtlich geringeren Dimensionen, welche man den Steinkohlen-Meilern giebt, ist man, bei starkem Kohksverbrauche, genöthigt, eine große Anzahl solcher Meilerstätten neben einander anzulegen. Hierzu wird ein großer, trocken gelegener Platz erfordert, welchen man ausebnet und, wenn der Boden sandig ist, mit einer festgestampften 6 Z. dicken Schicht Lehm und Steinkohlenlösche bedeckt. Man theilt denselben darauf in so viele Quadrate von erforderlicher Größe ab, als man Meiler auf einmal im Betriebe haben will. In dem Mittelpunkte eines jeden Quadrates wird eine etwa $4^1/_2$ F. hohe konische Esse aufgemauert, welche dem später rings um dieselbe errichteten Meiler als Quandelschacht dient. Dieselbe hat einen Durchmesser von ungefähr 1 F., eine Wanddicke von 6 Z., ist mit mehreren Reihen Zuglöchern versehen und übrigens von einer Construktion, die sogleich näher beschrieben werden soll.

Aufschichten des Meilers.

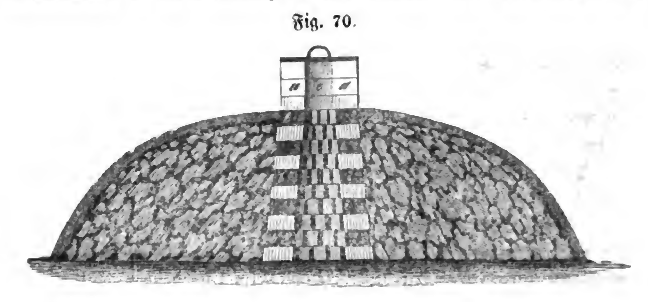
Das Aufschichten eines Steinkohlen-Meilers ist eine weit einfachere Arbeit als das Richten eines Holz-Meilers. Die Art, in welcher man dasselbe ausführt, wird mit Hülfe der folgenden Figur deutlich werden.

Fig. 69.



b, b, b... sind die gedachten Zuglöcher, welche man durch Aussparen von Mauersteinen in der Wandung der Esse herstellt. Der obere Theil, *a a*,

Fig. 70.



dieser Wandung ist mit keinen solchen Zuglöchern versehen, er ragt etwa 1 F. über den Meiler hervor, so daß letzterer nebst der Decke ungefähr $3^1/_2$ F. hoch ist. Durch einen in der Zeichnung angedeuteten eisernen Deckel, welchen man auf die Essenmündung legt, kann der Luftzug plötzlich gehemmt werden. Theils wegen dichteren Verschlusses durch den Deckel, theils wegen größerer Haltbarkeit ist der oberste Theil der Essenmauer mit einer ringförmigen eisernen Platte belegt. Die Anordnung der Steinkohlenstücke rings um die Esse ist der der Holzscheite in einem stehenden Meiler ganz ähnlich. Die größten Steinkohlenstücke (»Wände«) von 1 — $1^1/_2$ F. Länge bringt man in die unterste Schicht, und zwar so, daß die kleineren derselben in die Nähe der Peripherie, die größeren zunächst der Esse kommen. Jedes Stück in den beiden untersten Schichten wird mit seiner Längenachse aufrecht und etwas gegen die Esse geneigt gestellt; zugleich wendet man es mit einer seiner Querbruch-Flächen nach der Esse, wodurch also seine beiden — der ursprünglichen Lagerungsfläche entsprechenden — Schichtflächen, in Bezug auf den kreisförmigen Grundriß des Meilers, eine radiale Richtung erhalten. Hierdurch bewirkt man eine schnellere und gleichmäßigere Ausbreitung des Feuers, da die Steinkohlen am Querbruche sich leichter entzünden und besser fortbrennen, als an den Schichtflächen. Die Zwischenräume der größeren Stücke werden mit kleinen Steinkohlen ausgefüllt; mit letzteren bedeckt — schlichtet — man auch die Oberfläche des Meilers. Der in dieser Gestalt hergestellte Meiler wird nun entweder mit einer Decke versehen oder auch unbedeckt gelassen, was sich nach der Verkohkungs-Methode richtet, die man anzuwenden gedenkt. Die Meilerdecke besteht aus einer 3 Z. dicken, festgeschlagenen Schicht angefeuchteter Steinkohlenlösche, welche man unmittelbar auf den geschichteten Meiler legt. Zur Hervorbringung des nöthigen Luftzuges während der Verkohkung ist jedoch die als Quandelschacht dienende

Esse allein nicht ausreichend, da die schwer brennenden Steinkohlen eines weit lebhafteren Luftwechsels bedürfen als Holz; hierzu werden außerdem noch mehrere radiale Luftkanäle erfordert, durch welche die Luft von dem Umkreise des Meilers nach der Esse geführt wird. Ein Meiler von gewöhnlichen Dimensionen, nämlich von 18 — 20 F. Durchmesser, erhält 6 — 8 solcher Kanäle, welche man, bevor das Aufschichten der Steinkohlen geschieht, unmittelbar über der Meilerstätte anbringt Die Anlage derselben geht aus folgender Grundriß-Zeichnung hervor

Fig. 71 a.

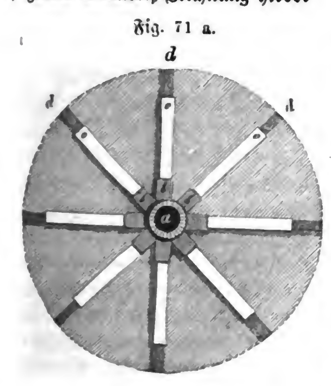
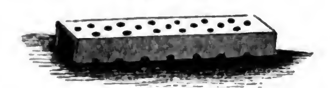


Fig. 71 b.



a, die im Centrum der Meilerstätte befindliche kreisrunde Esse, von welcher aus 8 Zugkanäle nach der Peripherie geführt sind. Die Wandungen dieser Kanäle bildet man entweder durchgängig aus größeren Steinkohlenstücken oder theilweise auch aus anderem Materiale. Der der Esse zunächst gelegene Theil *b* eines Zugkanals wird stets aus Steinkohlen hergestellt, der übrige Theil *c d* dagegen entweder ganz aus Ziegelsteinen oder theilweise durch eine gußeiserne Vorrichtung *d* gebildet, deren Construktion aus nebenstehender Figur hervorgeht.

An der hinteren, vorderen und unteren Seite ist sie offen und ihre 3 Wandungen sind mit mehreren kleinen Zugöffnungen versehen. Der durch sie gebildete kanalförmige Raum ist ungefähr 3 Z. hoch, 4 Z. breit und 2 F. lang, und wird durch die aufgestellten Ziegelsteine und Steinkohlenwände (*c* und *d* Fig. 71) in gleicher Höhe und Breite bis zur Esse fortgesetzt. Eine derartige Vorrichtung gewährt den Vortheil, daß sie die Mündungen der Zugkanäle immer offen erhält, was man nicht ganz so gut durch Ziegelsteine oder Steinkohlenstücke erreichen kann. Erstere sind sowohl dem Zerspringen als dem Verschieben während der Verkohkung ausgesetzt. An einigen Orten umgeht man die Anlegung der Zugkanäle dadurch, daß man die Zwischenräume der der Esse zunächst gelegenen, besonders aber der in der untersten Schicht befindlichen Steinkohlen unausgefüllt läßt, wobei man jedoch Gefahr läuft, daß sich diese Zwischenräume bei fortschreitender Verkohkung mehr oder weniger verstopfen.

Verkohkung in einem bedeckten Meiler.

Die Verkohkung eines mit einer Decke versehenen Meilers geschieht auf folgende Weise. Zur Erleichterung des Anzündens hat man bereits vor dem Aufschichten des Meilers trockne Holzspähne in die untersten Essen-Zuglöcher gelegt; später schüttet man eine Schicht solcher Spähne auf den Boden der Esse und wirft einige brennende Steinkohlen darauf. Das Feuer verbreitet sich jetzt allmälig von der Esse nach der Peripherie — also der Richtung des Luftzuges entgegen — und Rauch und Flamme, welche die festgeschlagene und angefeuchtete Decke nicht zu durchdringen vermögen, entweichen durch die Esse. Sobald die Entweichung derselben aufgehört hat, ist die Verkohkung als beendigt anzusehen; die Essenmündung wird nun sogleich durch Auflegung des eisernen Deckels verschlossen, und die Mündungen der Zugkanäle, so wie die vielleicht außerdem noch in der Meilerdecke angebrachten Oeffnungen werden mit angefeuchteter Lösche sorgfältig bedeckt. Das Eintreten der Gaare eines Kohks-Meilers von den erwähnten Dimensionen — 18—20 F. Durchmesser und $3^1/_2$ F. Höhe — pflegt $2—2^1/_2$ Tag nach dem Anzünden stattzufinden.

Verkohkung in einem unbedeckten Meiler.

Die Verkohkung eines nicht mit einer Decke versehenen, sondern nur geschichteten Meilers ist hauptsächlich darin von der eben beschriebenen verschieden, daß man während der ersten Hälfte derselben die Essenmündung bedeckt hält und folglich dem Luftzuge eine andere Richtung anweist. Nachdem nämlich die Anzündung, ganz wie bei der vorgeschriebenen Verkohkungs-Methode, bewerkstelligt ist und sich ein starker, mit Flamme untermischter Rauch aus der Esse erhebt, wird die Mündung derselben mittelst des Deckels verschlossen, wodurch Rauch und Flamme gezwungen werden, ihren Ausweg durch den Meiler selbst zu nehmen. Die Verkohkung schreitet hierbei gleichfalls von der Esse nach der Peripherie hin vorwärts. Sobald sich aus dem der Esse zunächst gelegenen Theile des Meilers keine Flamme mehr entwickelt, versieht man denselben mit einer festgeschlagenen Löschdecke, welche man von Zeit zu Zeit in dem Maaße vergrößert, als die Verkohkung fortschreitet — die Flamme von der Esse zurücktritt —, bis endlich die ganze Oberfläche des Meilers auf diese Weise eine Decke erhalten hat, was 18—24 Stunden nach dem Anzünden der Fall zu seyn pflegt. Man entfernt jetzt den Deckel von der Esse, um durch den verstärkten Luftzug die Verkohkung zu Ende zu führen, wozu gewöhnlich ebenfalls gegen 24 Stunden erfordert werden. Hiernach verschließt man sowohl die Esse als die Zugkanäle und der Meiler bleibt unter der dichten und angefeuchteten Löschdecke der Abkühlung überlassen.

Abkühlen und Ausziehen der Kohks.

Der gaare Meiler bleibt 3—4 Tage zur Abkühlung stehen, worauf die Kohks wie bei einem Kohlen-Meiler gezogen und gelöscht werden. An mehreren Orten in England pflegt man die Abkühlung der Kohks dadurch zu beschleunigen, daß man rings um die Esse und einige Fuß von derselben

entfernt einen Kreis von (8—16) Löchern durch die Löschdecke stößt und Wasser durch dieselben in den Meiler schüttet. Hierdurch soll zugleich, was nicht unwahrscheinlich ist, eine vollständigere Abschwefelung der Kohks erreicht werden. Dies Verfahren möchte sich aber wohl nur bei den Backkohks und festen Sinterkohks anwenden lassen, denn Sandkohks und weniger feste Sinterkohks dürften durch diese plötzliche Abkühlung wohl zerklüften und bröckelig werden.

Kohksausbringen.

Daß das Kohksausbringen nach dem Gewichte für jede Steinkohlenart ein verschiedenes ist und daß sich keine allgemein gültigen Regeln für dasselbe aufstellen lassen, wurde bereits oben auseinandergesetzt und durch Beispiele belegt. Es läßt sich also nicht angeben, welche Kohksausbeute man im Allgemeinen bei den beiden beschriebenen Methoden der Meiler-Verkohkung erreicht, sondern dies kann nur in Bezug auf die speciellen Fälle und durch Erfahrung ausgemacht werden. Auch was die Kohksausbeute nach dem Volum anbelangt, läßt sich keine feste Richtschnur aufstellen; nur so viel ist gewiß, daß die Backkohlen bei der Meiler-Verkohkung ihr Volumen mehr oder minder bedeutend vermehren, so daß das Ausbringen nach dem Gemäß-Volum auf 110—120 Proc. steigen kann. Die Sinterkohlen verändern ihr Volumen nicht merklich; die Sandkohlen nehmen zuweilen bis gegen 10 Volum-Procente ab, was aber nicht ganz durch wirkliches Schwinden ihrer Masse, sondern auch durch Löschebildung verursacht wird.

Theoret. Rückblick auf die Meilerverkohkung.

Unterwirft man die Meiler-Verkohkung einer ähnlichen theoretischen Betrachtung, wie früher über die Holzverkohlung in Meilern angestellt wurde, so findet man, daß bei ersterer die für jede Art der Verkohlung geltenden Hauptregeln (s. S. 241) nicht in dem Grade erfüllt werden, wie bei letzterer. Fixiren wir zuerst die Verkohkung in bedeckten Meilern. Bei dieser verbreitet sich das Feuer vom Centrum des Meilers nach der Peripherie, also, wie es die erste jener Regeln verlangt, dem Luftzuge **entgegen**. Die Zersetzungs- und Verbrennungs-Produkte werden hierbei aber nicht so zweckmäßig abgeführt wie in einem Holzmeiler, denn sie sind gezwungen, ihren **Weg durch die bereits gebildeten und sich in starker Gluth befindenden Kohks zu nehmen**, wodurch diese einen Theil ihres Kohlenstoffgehaltes einbüßen. Die Verkohkung in unbedeckten Meilern scheint auf den ersten Blick zweckmäßiger zu seyn, als die in bedeckten. Da man nämlich die Esse während der ersten Hälfte der Verkohkung verschlossen hält und den Meiler, in dem Maaße als die Verkohkung vom Centrum nach der Peripherie fortschreitet, mit einer Decke versieht, so sollte man meinen, daß hierdurch die unterhalb dieser Decke befindlichen Kohks sowohl dem Eindringen der unzersetzten Luft als dem Durchströmen der Zersetzungs- und Verbrennungs-Produkte entzogen würden. So ist es aber in der That nicht, sondern ein Theil der unzersetzten Luft aus den Zugkanälen dringt durch die

unteren Essenzuglöcher in den Essenraum und strömt von hieraus durch die oberen Essenzuglöcher auf die glühenden Kohks. Ein anderer Theil der in die Zugkanäle eindringenden Luft steigt aus diesen — da die Wände derselben, wegen der Verbreitung des Luftzuges, stets undicht hergestellt werden — aufwärts durch den Meiler, und kommt hier ebenfalls mit glühenden Kohks in Berührung. Die Erfahrung hat auch wirklich erwiesen, daß man bei der Verkohkung in unbedeckten Meilern eine geringere Kohksausbeute erhält, als in bedeckten. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sich jene Methode dadurch verbessern ließe, daß man während der Zeit, in welcher die Essenmündung bedeckt ist, auch sämmtliche Zuglöcher in den Essenwänden schlösse. — Man nimmt gewöhnlich an, daß auf eine richtige Leitung des Processes bei der Verkohkung weniger ankomme, als bei der Holzverkohlung, weil Kohks schwieriger anbrennen, als Holzkohlen. Der Vortheil, welchen diese geringere Brennbarkeit der Kohks gewährt, wird aber, wenigstens theilweise, wieder dadurch aufgehoben, daß eine verhältnißmäßig weit größere Luftmenge in einen Kohksmeiler tritt, als in einen Holzkohlenmeiler. Wenn sich der Ausfall einer Verkohkung eben so allgemein und sicher wie der einer Holzverkohlung — durch das Ausbringen nach dem Gewichte — beurtheilen ließe, würde man wahrscheinlich zu der Ueberzeugung gelangen, daß die Leitung des Processes auch bei ersterer von Wichtigkeit ist.

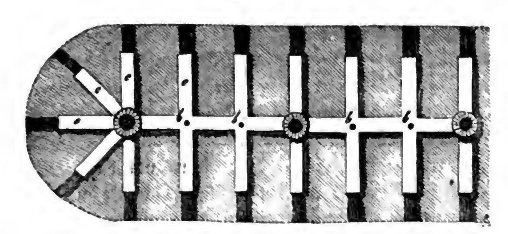
b Haufen-Verkohkung.

Auswahl und Vorbereit. d. Kohkstätte.

Alle Stückkohlen, welche zur Verkohkung in Meilern geeignet sind, können auch zur Haufen-Verkohkung angewendet werden. In Bezug auf die Auswahl der Kohkstätte gelten hier dieselben Vorschriften wie bei der Meiler-Verkohkung; auch die Vorbereitung der Stätte geschieht auf ganz ähnliche Weise wie bei letzterer. Auf einem planirten und nöthigenfalls mit einer Schicht von Lehm und Kohkslösche bedeckten Platze werden parallele Schnuren gezogen, welche die Längenachsen der neben einander zu errichtenden Haufen repräsentiren. Die Länge und gegenseitige Entfernung dieser Schnuren richtet sich nach Länge und Breite der anzulegenden Haufen. Gewöhnlich giebt man diesen eine Breite von 10—14 F.; ihre Länge ist fast ganz der Willkür anheimgestellt, doch pflegt sie selten unter 60 F. und wohl niemals über 150 F. zu betragen. Daß bei dem Ziehen der Schnuren zugleich auf den nothwendigen Raum zwischen je zweien benachbarten Haufen Rücksicht genommen werden muß, versteht sich von selbst. In jeder Schnurlinie werden diejenigen Vorrichtungen angebracht, vermittelst welcher man dem später errichteten Haufen eine Reihe senkrechter Zugkanäle — Essen — verschafft. Die Entfernung dieser Essenräume von einander beträgt 3—4 F., bei sehr schwer entzündlichen Steinkohlen noch etwas unter 3 F. Am einfachsten stellt man die Essenräume dadurch her, daß man

4—5 Z. starke, unten mit einem eisernen Schuh versehene Pfähle in den Boden treibt und dieselben, sobald die Aufschichtung des Haufens vollendet ist, wieder herauszieht. Ein vollkommnerer Luftzug wird erreicht, wenn zugleich einige gemauerte Essen — ganz von derselben Construktion wie die bei den Meilern gebräuchlichen — angelegt werden. Die folgende Zeichnung, das eine Endtheil eines Haufens im Grundrisse darstellend, zeigt die Vertheilung der Pfähle und Essen, so wie die Lage der beim Aufschichten der Steinkohlen am Boden der Kohlstätte ausgesparten horizontalen Zugkanäle.

Fig. 72.



a, a..., gemauerte Essen; *b, b, b,...*, eisenbeschuhte Pfähle, nach dem Herausziehen aus dem aufgeschichteten Haufen essenartige Räume zurücklassend. Ein durch die ganze Länge des Haufens geführter horizontaler Zugkanal verbindet sämmtliche Essenräume mit einander, und wird von den Querkanälen *cd, cd,...* durchkreuzt. — Sowohl bei der Haufen- als bei der Meiler-Verkohkung bedient man sich an einigen Orten der gemauerten Kohksstätten. Der von den aufgeschichteten Steinkohlen bedeckte Boden ist nämlich mit einer Mauersteinschicht belegt, und zwar gewöhnlich so, daß die Stätte vom Centrum des Meilers nach der Peripherie und von der Längenachse des Haufens nach zwei Seiten hin ein wenig abwärts fällt.

Aufschichtung eines Haufens.

Die Regeln, nach welchen Steinkohlen in einem Haufen aufgeschichtet werden, sind nur insofern von den in dieser Hinsicht bei einem Meiler geltenden verschieden, als sie durch die Gestalt des Haufens modificirt werden. Die horizontalen Zugkanäle bildet man an einigen Orten nur aus schräg gegen einander gestellten größeren Steinkohlenstücken, an anderen zum Theil aus Mauersteinen, wobei man sich zugleich der bei der Meiler-Verkohkung beschriebenen eisernen Vorrichtung bedienen kann. Gewöhnlich giebt man den Haufen eine geringere Höhe, als den Meilern, in der Regel nicht über 3 F. bis 3 F. 2 Z.; wenig oder gar nicht backende Kohlen werden in noch niedrigeren Haufen verkohkt. — Die beträchtlich geringere Höhe der Meiler und Haufen bei der Verkohkung als bei der Holz-Verkohlung gründet sich auf folgende Umstände. Wollte man den Meilern oder Haufen und also auch

Warum man Meiler und Haufen nicht höher macht.

den Essen eine größere Höhe geben, so würde ein allzu rascher Luftwechsel bewirkt und Kohksverbrand dadurch verursacht werden; denn obgleich die Luft einen freieren Zugang zu den Steinkohlen als zum Holze haben muß, so darf doch ihre Geschwindigkeit hierbei eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Ferner würden die Kohks, wenigstens Sinter- und Sandkohks, in höheren Meilern und Haufen einem starken Drucke ausgesetzt seyn, was ihre Zerklüftung und die Verstopfung der Zugkanäle herbeiführen könnte. Endlich aber erleichtert die geringe Höhe der Meiler und Haufen einen großen Theil der bei denselben nothwendigen Manipulationen. — Das Bedecken der Haufen mit wirklicher Lösche ist nicht gebräuchlich; man schlichtet dieselben mit angefeuchtetem Steinkohlenklein, läßt sie also eigentlich fast unbedeckt.

Verkohkung eines Haufens.

Der aufgeschichtete Haufen wird in allen seinen Essenräumen zu gleicher Zeit angezündet; nach 4 — 6 Stunden sieht man Feuer und Rauch an fast allen Theilen seiner Oberfläche hervorbrechen. Bei günstiger Witterung wird während der ersten Hälfte der Verkohkung keine weitere Arbeit erfordert, als vielleicht die Regulirung des Luftzuges durch die Zugkanäle; später aber muß der Arbeiter stets bei der Hand seyn, um die bereits verkohkten Stellen des Haufens sogleich mit einer dicken Löschdecke zu versehen. Man erkennt diese Stellen theils an dem Erlöschen der Flamme, theils daran, daß sich die Oberfläche derselben mit einer dünnen weißen Aschenschicht überzieht. Ein bis zwei Tage nach dem Anzünden, bei mageren Kohlen in noch kürzerer Zeit, ist gewöhnlich der ganze Haufen mit einer Decke versehen. Sämmtliche Essenmündungen werden nun bedeckt und die Haufen 3 — 4 Tage lang der Abkühlung überlassen, worauf das Ausziehen der Kohks beginnt.

Es wird fast allgemein angenommen, daß man bei der Haufen-Verkohkung eine geringere Ausbeute erreicht, als bei der Meiler-Verkohkung. Daß die Verkohkung in bedeckten Meilern der in Haufen vorzuziehen sey, dürfte auch wohl nicht zweifelhaft seyn, ob aber die Verkohkung in unbedeckten Meilern ein größeres Ausbringen giebt, als die Verkohkung in Haufen, ist weniger als ausgemacht zu betrachten. Jedenfalls hat man es in seiner Gewalt, auch die Haufen gleich anfangs mit einer Löschdecke zu versehen, wodurch die Ausbeute aller Wahrscheinlichkeit nach gesteigert werden würde.

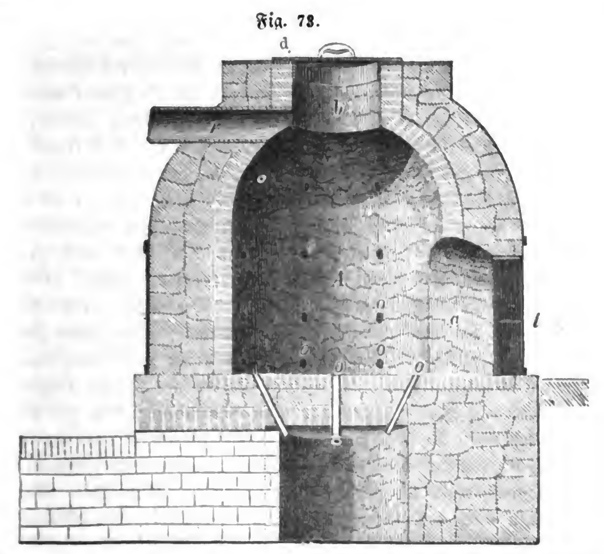
c. Ofen-Verkohkung.

Wie schon oben erwähnt, wird diese Verkohkungsart bei den Stückkohlen nur ausnahmsweise auf Hüttenwerken angewendet. Sie findet besonders nur auf einigen Eisenwerken Statt, welche einen Theil des hierbei gewonnenen Steinkohlentheers mit Vortheil selbst verbrauchen, wie dies z. B. auf dem Eisenwerke Gleiwitz in Schlesien der Fall ist. Einen der hier ge-

bräuchlichen Verkohkungsöfen zeigt die folgende Figur im senkrechten Durchschnitt.

Verkohk. in cylindrischen Oefen.

Fig. 73.



Der cylindrische, oben mit einer durchlochten Wölbung versehene Verkohkungsraum *A* ist ringsum an seinen Wänden mit Registeröffnungen *o*, *o*,.. versehen, in welche gußeiserne Röhren (von $1\frac{1}{2}$ Z. Durchmesser im Lichten) eingesetzt sind, die von außen mittelst eines gut passenden Stöpsels verschlossen werden können. Auch in der Ofensohle sind, wie man aus der Zeichnung ersieht, einige solcher Oeffnungen angebracht; diese können jedoch, wenn man die unterste Reihe der Zuglöcher unmittelbar über der Ofensohle ausmünden läßt, weggelassen werden. In letzterem Falle ist es dann auch nicht nothwendig, einen von außen zugänglichen Raum unter jener Sohle anzulegen, sondern das Fundament des Ofens kann aus massiver Mauerung bestehen. Die zu verkohkenden Steinkohlen werden theils durch die Thüröffnung *a*, theils durch die Gewölbeöffnung *b* in den Ofen gebracht, die größten Stücke unten, die kleineren darauf. Beim Aufschichten der ersteren wird eine in der Thüröffnung ausmündende Zündgasse ausgespart. Ist der Ofen auf diese Weise bis zum unteren Theile des Ableitungsrohres *r* gefüllt, so vermauert man die Thüröffnung bis auf die Zündgassen-Mündung, schließt alle Registeröffnungen mit Ausnahme der untersten Reihe und bedeckt die Gewölbeöffnung luftdicht mit dem eisernen Deckel *d*. Einige Zeit nach dem

Anzünden wird auch die eiserne Thür *t* zugemacht und mit Lehm verschmiert. Sobald sich die Steinkohlen durch die unterste Reihe der Zugöffnungen in orangefarbener Gluth zeigen, verschließt man diese Reihe und öffnet die zunächst darüber befindliche. In Bezug auf das Schließen und Oeffnen der anderen Reihen verfährt man eben so. Sollte sich bei dem einen oder anderen der Zuglöcher das Eintreten der Gluth verspäten, so schiebt man ein glühend gemachtes Eisen in dasselbe ein, welches man wieder herauszieht, sobald die Steinkohlen dadurch Feuer gefangen haben. Bei einem auch in der Sohle mit Zuglöchern versehenen Ofen, wie der abgebildete, kann man das Niveau des Feuers durch diese dirigiren. Etwa 36 — 40 Stunden nach dem Anzünden pflegt man die oberste Reihe der Registeröffnungen zu schließen. 8 — 10 Stunden nach dem Anzünden wird gewöhnlich die unterste Reihe geschlossen, eben so lange darauf die zweite, 16 St. darauf die dritte und 3 St. nachher die vierte. Der völlig verschlossene Ofen bleibt 12 St. zur Abkühlung in Ruhe; alsdann schreitet man zum Kohkziehen. Die Thür *t* wird aufgemacht, die verlorene Mauerung weggenommen und die glühenden Kohks werden mit eisernen Haken herausgezogen und sogleich mit Wasser abgelöscht. Der beschriebene Ofen hat eine solche Größe, daß darin 35—40 Ctr. Steinkohlen auf einmal eingesetzt und verkohkt werden können. Die zu Gleiwitz angewendeten Steinkohlen gehören zu den schwach backenden. Man erhält daraus 53 Gew.-Proc. Kohks; das Ausbringen nach dem Gemäß-Volum ist 74 Proc. In Meilern sollen diese Steinkohlen nur etwa 47 Gew.-Proc. Kohks von einer weit weniger dichten Beschaffenheit liefern, indem 1 Maaß der Ofenkohks gewöhnlich 1,3 mal so viel wiegt, als 1 Maaß der Meilerkohks.

Kohksausbringen.

Verkohk. in anderen Oefen.

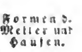
Zuweilen wird das Verkohken der backenden Stückkohlen auch in Oefen vorgenommen, welche im Wesentlichen von derselben Construktion sind, wie die, in denen man die Staubkohlen verkohkt. Will man sich jedoch der Ofenverkohkung bei den Stückkohlen bedienen, so ist es vortheilhafter, hierzu die eben beschriebenen cylinderförmigen Oefen anzuwenden.

2) Verkohkung der backenden Staubkohlen.

a. Meiler- und Haufen-Verkohkung.

Da das Verkohken der backenden Staubkohlen in Meilern nur unwesentlich von dem in Haufen verschieden ist, so können beide Verfahrungsarten hier zusammengefaßt werden. Delaplanche hat dieselben beschrieben, wie sie auf dem französischen Hüttenwerke Janon bei St. Etienne ausgeführt werden (Ann. d. min., 1ière série, t. XIII, p. 505). Bis jetzt hat diese Verkohkungsmethode fast nirgends Nachahmung gefunden, indem man es vorzieht, die Verkohkung der pulverförmigen Backkohlen in Oefen vorzuneh-

men, wobei die größeren Kosten mehr als hinreichend durch die höhere Kohksausbeute gedeckt werden.



Sowohl den Meilern als den Haufen giebt man eine Höhe von $3^1/_2$ F. Die ersteren erhalten nicht die gewöhnliche Meiler- (Kuppel-) Form, sondern die Gestalt eines abgestumpften Kegels, dessen unterer Durchmesser 12 F. und dessen oberer Durchmesser 7 F. beträgt. Die Haufen sind abgestumpft pyramidal, bis gegen 60 F. und darüber lang, 4 F. unten und 2 F. oben breit. Es kommt nun darauf an, aus den pulverförmigen Staubkohlen derartig gestaltete Meiler und Haufen zu errichten, die überdies noch — wegen der unzureichenden Zwischenräume, welche die pulverförmige Masse besitzt — mit zahlreichen Zugkanälen versehen seyn müssen. Hierbei verfährt man folgendermaßen. Die zuvor mittelst eines Durchwurfes (Rechens) von allen größeren Stücken befreiten Staubkohlen werden mit Wasser zu einem steifen Teige angerührt, welcher, wenn er den richtigen Feuchtigkeitsgehalt besitzt und genug Lösche enthält, eine gewisse Plasticität erlangt. Man bildet nun aus zugeschnittenen Brettern, die durch Haken mit einander verbunden werden, eine Einfassung, welche den Seitenflächen eines Meilers oder Haufens entspricht, und stampft die teigartige Steinkohlenmasse in dieselbe ein. Nachdem auf diese Weise der Meiler oder Haufen geformt ist, werden die Bretterwände weggenommen, und die Masse muß nun Consistenz genug besitzen, um hierbei ihre Gestalt nicht zu verändern. Die Anbringung der Zugkanäle, sowohl der horizontalen als vertikalen, erfordert jedoch noch einige besondere Vorkehrungen. Jeder Haufen muß nämlich 1) drei über einander liegende Reihen horizontaler Zugkanäle erhalten, welche von der einen langen Seitenwand desselben zur anderen gehen, 2) mehrere Essenräume, die mit einigen jener Kanäle communiciren, und 3) einen horizontalen Zugkanal von der Länge des ganzen Haufens, welcher sämmtliche Essenräume an ihrem Fuße durchschneidet Die ersterwähnten Zugkanäle haben einen Durchmesser von 3 — 4 Z.; die unterste Reihe befindet sich unmittelbar an der Sohle des Haufens, die zweite im ersten, und die dritte im zweiten Drittel seiner Höhe. Die Länge dieser Kanäle ist, wie sich aus dem Gesagten von selbst ergiebt, gleich der Breite des Haufens in dem betreffenden Niveau. Die Entfernung je zweier benachbarter Zugkanäle beträgt etwa 2 F. Die Essen haben ebenfalls Durchmesser von 3 — 4 Z. und liegen 2 F. von einander entfernt. Der erwähnte Längenkanal, welcher die untersten Querkanäle in ihrer Mitte rechtwinklig durchkreuzt, ist 5—6 Z. hoch und 4 Z. breit. Alle diese Kanäle und Essen werden dadurch hergestellt, daß man innerhalb der Umfassungsbretter Holzstücke anbringt, deren Contouren die Gestalt jener Räume besitzen. Beim Einstampfen der plastischen Staubkohlenmasse werden diese Hölzer von derselben dicht umgeben und lassen beim späteren Herausziehen entsprechende Räume zurück. Um

letztere Operation zu erleichtern, sind die Hölzer an einem Ende etwas verjüngt und an dem entgegengesetzten mit einem eisernen Ringe versehen. Natürlich müssen in den Umfassungsbrettern, an allen Stellen, wo die Formhölzer durchgesteckt und später wieder herausgezogen werden sollen, Löcher angebracht seyn. Die den drei Reihen der Querkanäle entsprechenden Löcher liegen nicht gerade über einander, sondern im Dreieck ⁘. Das Formen der Meiler geschieht auf ganz analoge Weise wie das der Haufen; erstere erhalten jedoch nur eine Esse, welche dem Quandelschachte entspricht.

Verkohkung in denselben.

Wollte man die beschriebenen Meiler und Haufen am Fuße der Essenräume, also von unten, in Brand setzen, so würde der noch nicht in Brand gerathene Theil derselben durch das Aufblähen des in der Verkohkung begriffenen sehr bald seine Form einbüßen und die Zugkanäle würden in Unordnung gerathen. Deswegen ist man genöthigt, das Anzünden von oben zu bewerkstelligen. Zu diesem Ende schüttet man auf die obere Fläche des Meilers oder Haufens eine 6—7 Z. hohe Schicht kleiner Stückkohlen und legt hier und da einige brennende Steinkohlen darauf; die Luft-Circulation in den Essen bewirkt nach einiger Zeit das Abbrennen der feuchten Steinkohlenmasse, und das Feuer pflanzt sich — dem Zuge entgegen — allmälig von oben nach unten fort. Die Zugkanäle und Essen, welche sich hierbei etwa verstopfen sollten, müssen durch Einführen eiserner Brechstangen wieder geöffnet werden. Die verkohkten Stellen versieht man sogleich mit einer Löschdecke. Nach 6 — 8 Tagen ist die Verkohkung beendet. Man erhält sehr große Kohkstücke, welche mit Wasser gelöscht und zerschlagen werden müssen. Noch ehe die Verkohkung ganz beendet ist, pflegt man Wasser in die Haufen zu schütten, wodurch sowohl die Abkühlung beschleunigt als auch wahrscheinlich eine bessere Abschwefelung bewirkt wird. — Die verhältnißmäßig sehr lange Zeit, welche zu einer solchen Verkohkung erfordert wird, läßt vermuthen, daß die Luft während derselben Gelegenheit genug findet, einen Theil der Kohks zu verbrennen.

b. Ofen-Verkohkung.

Wesen dieser Verkohkungsart.

Obgleich die Oefen, in welchen man das Verkohken der backenden Staubkohlen betreibt, an verschiedenen Orten eine mehr oder weniger von einander abweichende Einrichtung besitzen, so stimmen doch alle darin überein, daß das ihrer Construktion zu Grunde liegende Princip dem der gewöhnlichen Backöfen nahe steht. Die Sohle eines überwölbten, mit einer kurzen Esse versehenen und nach Art eines Backofens zuvor erhitzten Raumes bedeckt man mit einer Schicht Staubkohlen, deren Verkohkung durch die Hitze der Ofenwände eingeleitet wird. Die allmälige Abkühlung des Ofens würde jedoch der Verkohkung sehr bald Grenzen setzen, wenn man nicht für einen Wärmezufluß sorgte, was sehr einfach dadurch geschieht, daß man die aus

den Steinkohlen entweichenden brennbaren Gase und Dämpfe innerhalb des überwölbten Raumes mittelst einströmender Luft zur Verbrennung bringt. Die hierdurch gebildete und fortwährend unterhaltene Flamme verhindert das Sinken der Temperatur im Verkohkungsraume und führt den Verkohkungs-Proceß nach und nach seiner Beendigung entgegen. Die glühende Kohksmasse wird endlich herausgezogen und der heiße Ofen sogleich wieder mit einer neuen Ladung versehen, deren Verkohkung auf dieselbe Weise vor sich geht. Vom theoretischen Gesichtspunkte betrachtet, zeigt sich also diese Methode als eine sehr zweckmäßige. Die Einleitung des Processes geschieht durch die von der vorhergehenden Verkohkung im Ofen zurückgebliebenen Wärme und die Fortführung desselben wird durch die Flamme der Zersetzungs-Produkte bewirkt. Man sollte daher meinen, daß hierbei — vorausgesetzt, der Luftzutritt werde zur rechten Zeit gehemmt — keine Kohks, sondern nur die Zersetzungs-Produkte verbrennen könnten. Bei gut construirten Oefen ist dies allerdings annähernd der Fall, aber nicht alle hierher gehörigen Oefen sind von einer so zweckmäßigen Construktion. In einigen derselben findet die Luftzuströmung durch die zu dem Verkohkungsraume führende Thüröffnung Statt, wobei die derselben zunächst liegenden Steinkohlen der Einäscherung ausgesetzt sind; in anderen dagegen wird der Zug so geleitet, daß die Luft hauptsächlich nur mit den verflüchtigten Zersetzungs-Produkten, nicht aber mit der Kohksmasse selbst in Berührung kommt.

Auswahl u. Vorbereit. d. Staubkohlen.

Alle Staubkohlen, welche sich in dem Grade backend zeigen, daß sie eine zusammenhängende, hinreichend feste und dichte Kohksmasse geben, sind zur Ofen-Verkohkung anwendbar. Will man möglichst aschenarme Kohks gewinnen, so ist ein Ausklauben der Staubkohlen selten zu umgehen. Theils bei ihrem Ansammeln in der Grube, theils auch bei ihrem Zusammenkehren an den Sturzplätzen*) ist es nicht zu vermeiden, daß Stücke des Gebirgsgesteins — besonders des die Steinkohlen so häufig begleitenden Schieferthons — und andere frembartige unorganische Substanzen in dieselben eingemengt werden. Auch die leicht zerbröckelnde Faserkohle löst sich oft von den Stückkohlen ab und verunreinigt dadurch die Staubkohlen. Ueberhaupt ist es zu berücksichtigen, daß die unreinsten Steinkohlen gewöhnlich am leichtesten zerbröckeln. Aus diesen Ursachen sind die Staubkohlen in den meisten Fällen unreiner, als die Stückkohlen. Erstere durch nasse Aufbereitung vor ihrer Verkohkung zu reinigen, wie man mehrfach in Vorschlag gebracht hat, würde nur theilweise zum Zwecke führen und besonders mit zu großen Kosten verknüpft seyn. Selbst das durch Menschenhand bewerkstelligte Auslesen der gröbsten Verunreinigungen — Ausklauben — ist bei sehr unreinen Steinkohlen oft schon zu kostbar. Am besten ist es daher, beim Aufsammeln und

*) Plätze, wo die aus der Grube geförderten Steinkohlen ausgestürzt werden.

Zusammenkehren des Kohlenkleins mit so viel Sorgfalt wie möglich zu verfahren, wodurch der vielleicht dennoch erforderliche Klaube-Proceß wenigstens nicht unnöthig verlängert wird.

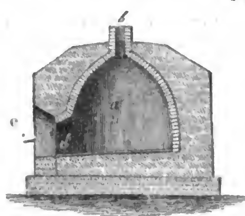
Beschreib. einiger h. hierher gehörig. Oefen.

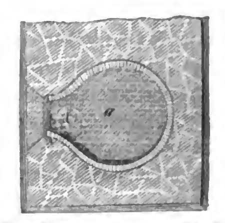
Die vielen Modificationen, welche in der Construktion der Kohks-Backöfen verschiedener Orte angetroffen werden, sind zum Theil nur unwesentlich oder von lokalen Verhältnissen bedingt. Ein wesentlicherer Unterschied findet dagegen zwischen den Einrichtungen der im Folgenden beschriebenen Oefen Statt.

Erste Art.

Die Kohks-Backöfen bei der Leipzig-Dresdener Eisenbahn zu Riesa sind von der einfachsten Art. Ihre Construktion geht aus der Fig. 74 a, b hervor. (a) ist ein senkrechter Profil-Durchschnitt und (b) ein horizontaler Durchschnitt eines solchen Ofens.

Fig. 74 a, b.



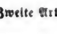


Der Verkohkungsraum, dessen Gestalt aus beiden Figuren hervorgeht, ist ungefähr 5 Ellen (Leipziger Maaß) hoch und an der Sohle 5 Ellen breit*). Seine Tiefe — worunter der Abstand der Thüröffnung von der Rückwand, also die Heerdlänge, verstanden wird — beträgt $6^1/_4$ Ellen. Der Schornstein *b* ist $1^3/_4$ Ellen hoch und hat $^1/_2$ Elle im Geviert. Der Heerd hat auf seine Länge von $6^1/_4$ Ellen ein Aufsteigen von 6 Z. Die Thüröffnung ist $1^1/_2$ E. hoch und breit; sie kann durch die eiserne Thür *d* verschlossen werden, in deren oberem Theile sich, $1^1/_4$ Elle über der Ofensohle, vier neben einander liegende Zuglöcher von etwa 3 Z. Durchmesser befinden. An jeder Seite der Thüröffnung ist im äußeren Gemäuer ein eiserner Haken *e* befestigt; beide Haken halten eine eiserne Stange, auf welche der Arbeiter beim Ausziehen der Kohks das Gezähe stützt. — In einem solchen Ofen können 50 Scheffel Dresdener Staubkohlen**) auf einmal eingelegt und in 72 Stunden verkohkt werden. Bei diesem Einsatze erhält man sehr feste und dichte Kohks; vermindert man den Einsatz, also zugleich den Druck der ganzen Masse, so blähen sich die Steinkohlen während der Verkohkung mehr

*) Die bei dem Riesaer und den beiden folgenden Oefen angegebenen Maaße sind nicht bis auf den Zoll genau, da sie aus kleinen, nach einem Maaßstabe angefertigten Handzeichnungen entnommen wurden.

**) Es pflegen sich darunter keine größeren Stücke als von ungefähr 1 Cub.-Z. Inhalt zu befinden; die kleinsten Stücke mögen etwa $^1/_{16}$ Cub.-Z. Größe haben.—

auf und geben daher leichtere Kohks. Wird der Ofen, um leichte Kohks zu erhalten, nur mit 24 Dr. Schffl. besetzt, so ist die Verkohkung bereits nach 24 Stunden beendet, und bei einem Einsatze von 36 Dr. Schffl. nach 48 Stunden.



Auf dem königl. Sächsischen Steinkohlenwerke bei Zaukerode im Plauenschen Grunde unweit Dresden bedient man sich zur Staubkohlen-Verkohkung Oefen von folgender Construktion (s. Fig. 75 a und b). (a) Profil-Durchschnitt, (b) Horizontal-Durchschnitt.

Fig. 75 a.

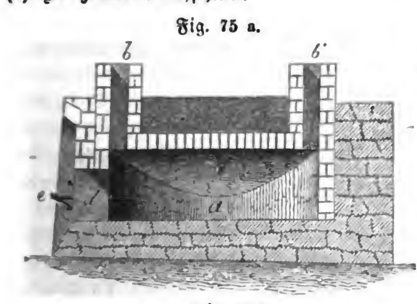
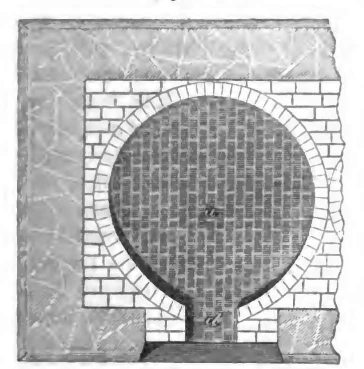


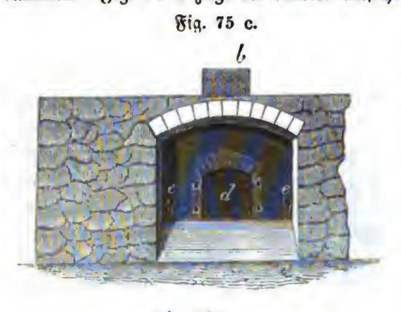
Fig. 75 b.



Der Verkohkungsraum *a* hat im Grundriß eine fast ganz genau kreisförmige Gestalt, welche nur gegen die Thüröffnung hin vom Kreise abweicht, indem sie sich hier ein wenig zuspitzt. Der Durchmesser dieses Kreises — die Breite der Heerdsohle — beträgt etwa $5^1/_2$ E. (Leipz. M.); die Länge der, einige Zoll ansteigenden Heerdsohle ist gleich $5^3/_4$ E., wenn die Tiefe der Thüröffnung (1 E. 8 Z.) nicht mitgerechnet wird. Die verschiedene Höhe der senkrechten Seitenwände des Verkohkungsraumes wird durch das cylindrische Gewölbe *c* bestimmt, welches an seinen höchsten Stellen 1 E. 20 Z. über der Heerdsohle liegt und nach einem Radius von ungefähr $3^1/_2$ E. gespannt ist. Die Verbrennungs- und Zersetzungs-Produkte werden durch zwei etwas über 2 E. hohe und $^3/_4$ E. im Geviert haltende Essen — eine vordere, der Thüröffnung zunächst liegende, *b*, und eine hintere *b'* — aus dem Ofenraume in's Freie geführt. Die gußeiserne Thür besteht aus 2 Flügeln, welche die Thüröffnung aber nicht ganz verschließen, sondern den obersten, überwölbten Theil derselben offen lassen, wodurch die Luft den erforderlichen Zutritt in's Innere des Ofens erhält. *e* ist einer der bereits

beim vorigen Ofen erwähnten eisernen Haken zum Auflegen einer Stützstange. Die Heerdsohle besteht aus scharf gebrannten Lehmziegeln, die Ringmauer und das Gewölbe sind aus feuerfesten Thonziegeln hergestellt. Oberhalb des Gewölbes (zwischen beiden Essen in Fig. 75 a) ist eine Thonschicht aufgerammelt. Fig. 75 c zeigt die vordere Ansicht eines solchen Ofens.

Fig. 75 c.



Die Buchstaben *b*, *d*, *e* bezeichnen dieselben Theile wie in den beiden vorhergehenden Figuren. Die gußeisernen Flügelthüren, welche gerade etwa bis an den unteren Theil des Thürgewölbes reichen, sind in der Zeichnung weggelassen.

Dritte Art.

Die Kohks-Backöfen auf der Prinz Carls-Hütte zu Rothenburg an der Saale haben eine Einrichtung, wie sich aus Fig. 76 a, b ergiebt. (a) Profil-Durchschnitt nach der Linie *CD* in (b); (b) Horizontal-Durchschnitt nach *AB* in (a).

Fig. 76 a.

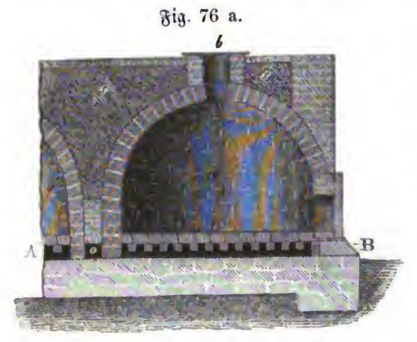
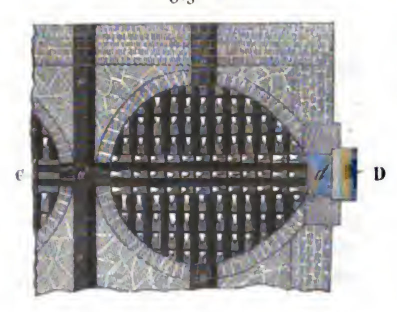


Fig. 76 b.



Die Sohle des Ofenraumes *a* ist, wie man aus dem Horizontal-Durchschnitte ersieht, von eiförmiger Contour; die Länge derselben, von der Thüröffnung bis zur Rückwand, ungefähr 10 F. (Rheinl. M.) und ihre Breite $8^1/_2$ F. Von der Sohle bis zur Esse sind 7 F.; letztere hat 2 F. Höhe, unten einen Durchmesser von 1 F. und oben von $1^1/_4$ F. Der obere Theil der Essenmauer ist mit einem eisernen Ringe belegt, auf welchen ein eiserner Deckel paßt. Das

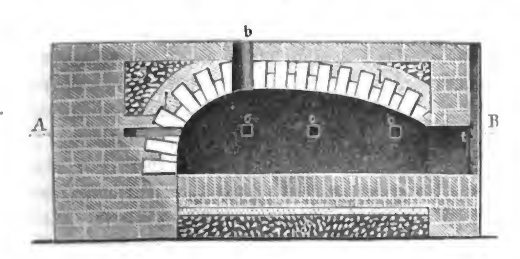
über den Ofenraum gespannte, ungefähr 9 Z. starke kuppelförmige Gewölbe ist nach einem Radius von 5 F. construirt und beginnt 3 Fuß über der Heerdsohle. Der Heerd *c* besteht aus feuerfesten Thon- (Charmotte-) Steinen, welche auf der hohen Kante stehen und ohne Bindemittel trocken an einander gelegt sind. Unter dieser, den Steinkohlen als Unterlage dienenden Steinschicht ist ein System von Zugkanälen angebracht, dessen nähere Einrichtung besonders aus Fig. 76 b. hervorgeht. *o, o, o*... sind andere Zugkanäle — theils 10 Z. breit und 8 Z. hoch, theils $1^1/_4$ F. breit und 8 Z. hoch — durch welche den unter dem Heerde befindlichen Kanälen Luft zugeführt wird. *s, s* sind Füllungen von Erde; Sand wendet man nicht an, weil dieser, wegen seiner lockeren Beschaffenheit, bei Reparaturen des Ofengewölbes Schwierigkeiten durch Nachrollen u. s. w. verursacht. Die Thüröffnung wird während der Verkohkung durch eine Hängethür — aus Charmotte-Steinen, die durch einen eisernen Rahmen zusammengehalten werden — lose verschlossen. So lange die auf dem Heerde ausgebreitete Steinkohlenschicht noch nicht zusammengebacken ist, bringt ein Theil der zur Verbrennung nothwendigen Luft durch die undichte Ofensohle unmittelbar in die Zwischenräume der Steinkohlenmasse; später wird diese Richtung des Zuges mehr oder weniger gehemmt, und die Luft strömt hauptsächlich durch die von der Thür offen gelassenen Fugen in den Ofenraum. — Der Einsatz in einen Ofen dieser Art beträgt 10—15 Tonnen (à $7^1/_9$ Cub.-F.), je nachdem man porösere oder dichtere Kohks erzeugen will. Es pflegen 4 solcher Oefen im Viereck unter gemeinschaftlichem Dache angelegt zu seyn.

Vierte Art.

Bei den Steinkohlengruben in Saarbrücken und auf mehreren französischen Eisenwerken sind Verkohkungsöfen von folgender Bauart eingeführt.

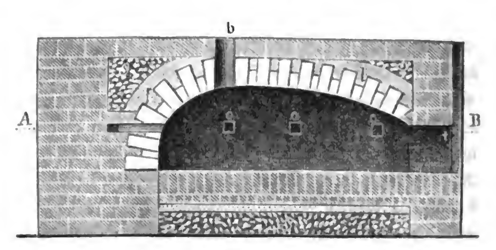
Fig. 77 (a) ist ein Vertikal-Durchschnitt nach *DC* in (b) und Fig. 77 (b) ein Horizontal-Durchschnitt nach *AB* in (a).

Fig. 77 a.

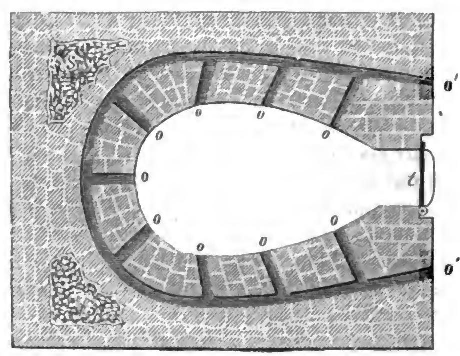


Auch bei diesem Ofen ist der Grundriß des Verkohkungsraumes eiförmig, aber mehr länglich, als beim vorigen. Der Längendurchmesser der Sohle beträgt 9 F. und der Breitendurchmesser 6 F., die größte Höhe des Ofen-

Fig. 78 a



b



raumes nur 3 F. Die Esse *b*, welche zugleich zum Einschütten der Staubkohlen benutzt zu werden pflegt, ist $1^3/_4$ F. hoch und hat einen Diameter von 8 Z. Die Haupt-Eigenthümlichkeit dieses Ofens besteht in der Vertheilung des Luftzuges. Etwa $1^1/_3$ F. über der Heerdsohle läuft ein hufeisenförmiger Zugkanal um den Ofenraum, welcher zu beiden Seiten der Thür t in *o'* und *o'* ausmündet. Die in diese Oeffnungen eintretende Luft vertheilt sich in die Querkanäle *o*, *o*, *o*..., von denen im Ganzen 9 angebracht sind, und strömt aus diesen in den oberen Theil des Ofenraumes, woselbst sie die verflüchtigten brennbaren Zersetzungs-Produkte entzündet. Die Hängethür *t* verschließt die Thüröffnung fast vollkommen, so daß von hier aus nur sehr wenig Luft in den Ofen dringt. Gewölbe und Umfassungswände sind bei den Saarbrücker Oefen aus Sandstein gemauert. Den Heerd stellt man am zweckmäßigsten aus feuerfesten Thonsteinen her; *l*, *l* sind Thon und *s*, *s*

Sand- oder Schlacken-Füllungen. — Der Einsatz bei einem Ofen von den angegebenen Dimensionen beträgt 40 — 50 Cub.-Fuß kleine Backkohlen, welche nach 20 — 24 Stunden verkohkt sind.

Verfahren beim Verkohken in den Kohks-Backöfen.

Das Verfahren beim Verkohken der Staubkohlen in den Kohksbacköfen ist ein sehr einfaches. Soll ein neuer oder während längerer Zeit nicht gebrauchter Ofen in Betrieb gesetzt werden, so muß man denselben zuerst aufwärmen. Zu diesem Ende bedeckt man seine Heerdfläche mit einer Schicht kleiner Stückkohlen, welche man in Brand setzt, und unterhält das Feuer so lange, bis sich sowohl Gewölbe und Seitenwände als Heerd rothglühend zeigen. Jetzt wird, nach Reinigung des Heerdes, die zu einem Einsatze bestimmte Quantität Staubkohlen eingetragen und auf dem Heerde überall gleich hoch ausgebreitet. Die Höhe dieser ausgeebneten Schicht pflegt sich auf 12 — 24 Zoll zu belaufen. Je höher man dieselbe macht, desto dichtere und schwerere Kohks erhält man, desto länger — und zwar **unverhältnißmäßig** länger — dauert aber auch die Verkohkung. Nach Einbringung des Einsatzes wird die Thüröffnung geschlossen und der Luftstrom darf jetzt, bei gut construirten Oefen, nur mit den verflüchtigten Zersetzungs-Produkten, nicht aber mit den in der Verkohkung begriffenen Steinkohlen, noch weniger aber mit den später gebildeten Kohks in Berührung kommen. Das Ende der Verkohkung wird sowohl durch Aufhören von Flamme und Rauch als auch dadurch angezeigt, daß sich die Oberfläche der Kohksmasse mit einem dünnen Ueberzuge weißer Flugasche belegt. Nun ist es Zeit, den Luftzug gänzlich zu hemmen; man verschließt deshalb alle Zugöffnungen und bedeckt die Essenmündung. Bei dem Saarbrücker Ofen (Fig. 78 a, b) geschieht die Hemmung des Zuges noch früher; sobald sich nämlich in der wie geschmolzen erscheinenden Kohksmasse senkrechte Risse bilden, die sich allmälig bis auf die Heerdsohle verlängern, werden bereits die beiden Oeffnungen o' und o' geschlossen, so daß die Luft jetzt nur noch durch die Fugen der nicht vollkommen dicht schließenden Thür in den Ofen gelangen kann. Nach beendigter Verkohkung ist es gut, die Kohks bei möglichst vollkommnem Luftabschluß noch einige Stunden im Ofen zu lassen; hierdurch sinken sie zusammen und werden dichter. Das Herausziehen der Kohks muß mit Schnelligkeit ausgeführt werden; vor dem Ofen werden sie sogleich mit Wasser abgelöscht. Mit dem Eintragen eines neuen Einsatzes hat es dagegen weniger Eile. Der Ofen sollte hierzu nicht heißer seyn, als es die Einleitung des Verkohkungs-Processes nothwendig erfordert, weil eine zu plötzliche und starke Erhitzung der Steinkohlen Kohksverlust nach sich zieht.

Welche Ofen-Construktion ist die zweckmäßigste?

Bei der Beurtheilung der Kohks-Backöfen hinsichtlich ihrer Vorzüge und Nachtheile sind hauptsächlich folgende zwei Umstände zu berücksichtigen: 1) die Luft-Zuleitung und 2) die Beschaffenheit des Ofengewölbes. Betrachten wir die oben beschriebenen vier Oefen zuerst in Bezug auf den ersten dieser Um-

stände. Keiner dieser Oefen gehört zu den unvollkommneren, bei welchen die Luft durch die mehr oder weniger geöffnete Thür unmittelbar auf die Kohlen strömt. Beim Riesaer, Zauckeroder und Saarbrücker Ofen gelangt sie oberhalb des Niveau's der Steinkohlen in den Verkohkungsraum; beim Rothenburger Ofen nimmt sie einen anderen Weg. Die Vertheilung des Zuges, wie sie beim Saarbrücker Ofen stattfindet, ist gewiß sehr empfehlenswerth; nur durch diese Art der Luft-Zuleitung dürfte eine gleichmäßig vertheilte Erhitzung des Verkohkungsraumes zu erreichen seyn. Der durch den undichten Heerd des Rothenburger Ofens (Fig. 76 a, b) aufsteigende Luftstrom scheint nicht ohne Kohksverlust bewerkstelligt werden zu können, obgleich ein günstiger Umstand hierbei zu Hülfe kommt. Sobald die Steinkohlen nämlich so weit in der Verkohkung vorgeschritten sind, daß sie eine zäh geschmolzene oder doch zusammengebackene Masse bilden, kann sich die Luft wohl schwerlich mehr einen Weg durch dieselben bahnen. Ein Theil der flüchtigen Zersetzungs-Produkte muß daher jetzt, sollte man meinen, durch die Zwischenräume des Heerdes dringen und in den unteren Zugkanälen verbrennen, wodurch — was bei keinem der anderen Oefen der Fall ist — die Steinkohlen auch von unten erwärmt werden und daher gegen die zu oberst liegenden nicht zu sehr in der Verkohkung zurückbleiben. Sobald sich aber jene früher erwähnten senkrechten Risse in der Kohksmasse bilden, wird der Luftzug wieder seine vorige, aufwärts gehende Richtung annehmen, was mit großem Kohksverlust verbunden seyn muß, wenn nun der Zug nicht sogleich gehemmt wird. Eine Frage, welche man bei diesem Ofen thun, aber nur durch die Praxis beantwortet erhalten kann, ist die: ob sich die schmalen, zum Luftzuge dienenden Heerdfugen nicht leicht verstopfen? — Gehen wir jetzt zur Vergleichung der Oefen in Betreff des zweiten Umstandes — Beschaffenheit der Gewölbe — über. Hohe, kuppelförmige Gewölbe, wie die des Riesaer und Rothenburger Ofens, gewähren den Vortheil der Dauerhaftigkeit und des leichten Abzuges der verflüchtigten Zersetzungs-Produkte *), was bei den niedrigen und ziemlich flachen Gewölben der Zauckeroder und Saarbrücker Oefen in geringerem Grade erreicht wird. Zugleich verhindern sie eine zu starke, die Verkohkung zu sehr beschleunigende Erhitzung des Ofens. Letzterer Umstand darf jedoch nicht als in jeder Hinsicht vortheilhaft betrachtet werden; denn obwohl eine langsame Verkohkung im luftabgeschlosse-

*) Hierdurch sollen, nach der Erfahrung einiger Praktiker, nicht allein dichtere Kohks, sondern auch eine größere Ausbeute erhalten werden, als wenn niedrige und flache Gewölbe die Zersetzungs-Produkte gewissermaßen auf die Kohlen niederdrücken. Beim Zauckeroder Ofen wird dieser schädliche Einfluß — wenn er wirklich existirt — jedenfalls durch das Vorhandenseyn zweier Essen vermindert.

nen Raume eine größere Kohksausbeute giebt, als eine rasche, so wird diese Wirkung bei dem Verkohken unter Luftzutritt dadurch modificirt, daß die Gelegenheit zum Kohksverbrande in gleichem Verhältnisse mit der Dauer der Verkohkung zunimmt. Den niedrigen und flachen Gewölben muß man es auf der anderen Seite wieder zum Vortheil anrechnen, daß sie die Hitze besser zusammenhalten, dadurch die Verkohkung schneller zu Ende führen und weniger Kohksverbrand veranlassen. Es dürfte daher wohl der Fall seyn, daß sich Vortheile und Nachtheile bei hohen und niedrigen Gewölben einigermaßen compensiren, und folglich bleibt es hauptsächlich die Art der Luft-Zuführung, welche den Vorzug eines Kohks-Backofens bedingt. Daß in dieser Beziehung der Saarbrücker Ofen als der vollkommenste zu betrachten ist, wurde bereits oben auseinandergesetzt.

Kohks-Backöfen, welche auf einmal entleert werden.

Die Anwendung der beschriebenen Oefen, wie überhaupt aller Kohks-Backöfen, ist mit dem Uebelstande verknüpft, daß es zuweilen große Schwierigkeiten verursacht, die gebildete Kohksmasse durch die enge Thüröffnung schnell aus dem Ofen zu schaffen. Besonders bei stark backenden (fetten) Steinkohlen ist dies der Fall. Während der Zeit aber, welche der Arbeiter zum Entleeren des Ofens gebraucht — selbst wenn dies bei geschlossener Esse geschieht — ist ein entsprechender Kohksverbrand unvermeidlich und der Ofen wird dabei leicht einer zu großen Abkühlung ausgesetzt. Auf einigen Hüttenwerken Frankreichs hat man daher das Verkohken in Backöfen eingeführt, aus denen die ganze Kohksmasse, vermittelst einer einfachen mechanischen Vorrichtung, auf einmal aus dem Ofen gezogen wird. Hierbei ist es aber nothwendig, daß der Ofen zwei, einander gegenüberliegende Thüröffnungen erhält, deren Größe dem Querschnitte des Ofenraumes gleichkommt. Diese beiden Thüren sind während des Ausziehens geöffnet, wodurch wohl der beabsichtigte Vortheil beeinträchtigt werden dürfte. Das Nähere über diese Oefen kann man im Bergwerksfreund Bd. V., S. 305 (Verkohkungs-Oefen von Maubeuge, beschrieben von Drouot) und in Ann. des mines, 3ième série, t. XX, p. 3 nachlesen. —

Kohksausbringen.

Ueber das Kohksausbringen dem Gewichte nach läßt sich, aus mehrfach berührten Gründen, auch hier nichts Festes aufstellen. Die Kohksausbeute nach dem Gemäß-Volum ist bei dem Verkohken der Staubkohlen in Backöfen meist sehr bedeutend; sie geht bis zu 150 Procent. Daß dieselbe beträchtlicher seyn muß, als beim Verkohken der Stückkohlen, hat in den größeren Zwischenräumen der letzteren seinen Grund. Ein Maaß Staubkohlen enthält natürlich mehr Steinkohlenmasse, als ein gleiches Maaß Stückkohlen, und ersteres muß folglich ein größeres Volumen Kohks liefern, als letzteres.

C. Vorbereitung der Kohks.

Von der Vorbereitung der Kohks zur Anwendung als Brennmaterial gilt dasselbe, was in dieser Beziehung bei den Holzkohlen angeführt wurde. Da die Kohks aber weder so schnell, noch so viel Wasser anziehen wie die Holzkohlen, so bedarf es bei ersteren weniger der sorgsamen Vorkehrungen zum Schutze gegen Feuchtigkeit, als bei letzteren. An den Orten, wo die Verkohkung ganz in der Nähe des Hüttenwerkes ausgeführt wird, kann man die Kohks-Magazine ganz entbehren oder doch wenigstens mit kleinen Schoppen ausreichen, denn sowohl die Meiler-, Haufen- als Ofen-Verkohkung kann fast das ganze Jahr hindurch im Gange erhalten werden und liefert daher stets frische Bestände. Gegen die Anwendung der ganz frischen Kohks sprechen jedoch dieselben Erfahrungen, welche in Betreff der ganz frischen Holzkohlen gelten. Es wird nämlich behauptet, daß 3 — 4 Monate lang aufbewahrte Kohks mehr leisten, als frisch dargestellte. Auch hier sucht man den Grund dieses erhöhten Effektes in dem Feuchtigkeitsgehalte, weswegen man zugleich dafürhält, daß die mit Wasser gelöschten Kohks den mit Lösche erstickten vorzuziehen seien.

Magazinirung der Kohks. — *Frische u. gelagerte Kohks.*

Kennzeichen guter Kohks.

Gute Kohks können an folgenden Merkmalen erkannt werden: 1) Gleichartigkeit ihrer Masse. Es müssen in denselben weder bedeutende Mengen von Faserkohle, Schieferthon, noch anderen fremdartigen Substanzen eingemengt vorkommen. 2) Dichtigkeit und Festigkeit. Beide Eigenschaften bedingen einander mehr oder weniger. Gute Kohks sind schwer zu zerbrechen und zu zerdrücken, und dürfen, wenn sie aus Backkohlen erzeugt wurden, keine allzu großen Blasenräume enthalten. Aus gut backenden Stückkohlen in Meilern erzeugte Kohks haben blumenkohlartig gewundene Contouren und sind mit vielen kleinen, aber von starken Zellenwänden umschlossenen Blasenräumen erfüllt. Die in Oefen gewonnenen Kohks zeigen sich, weil sie hier weniger Gelegenheit zur Ausdehnung fanden, stets von größerer Dichtigkeit, als Meiler- und Haufen-Kohks. 3) Glanz und Farbe sind bei den Sand-, Sinter- und Backkohks von verschiedener Beschaffenheit und geben im Ganzen keine sehr scharfen Erkennungszeichen guter Kohks ab. Die Sandkohks pflegen am dunkelsten gefärbt zu seyn und den schwächsten Glanz zu besitzen. Gute Backkohks pflegen Seiden- oder matten Metallglanz und licht eisengraue Farbe zu besitzen. Zuweilen sind die Kohks mit bunten Farben angelaufen, und man nimmt gewöhnlich an, daß dies auf einen Schwefelgehalt hindeute. So viel ist gewiß, daß es stark schwefelhaltige Kohks giebt, welche diese Farben nicht zeigen. 4) Aschengehalt. Dieser giebt sich zum Theil durch große specifische Schwere zu erkennen. Da aber sehr dichte und feste Kohks ein ähnliches spec. Gew. besitzen können wie sehr poröse und dabei stark aschenhaltige, so ist dies

kein sicheres Kennzeichen; ein zuverlässiges Resultat in dieser Hinsicht kann nur durch Einäscherung einer gewogenen Quantität Kohks und Gewichtsbestimmung der zurückgelassenen Asche erhalten werden. Eine sich beträchtlich über 10—12 Proc. belaufende Aschenmenge ist bei der Anwendung der Kohks zum Eisenhohofen-Betriebe sehr hinderlich; bei anderen metallurgischen Processen, wo man die schädliche Wirkung der schwer schmelzbaren Kohksasche durch leichtflüssige Zuschläge compensiren kann, werden zuweilen Kohks von viel höherem Aschengehalte angewendet. Bei diesen Processen wird der Aschengehalt erst dann zu einem wesentlichen Hindernisse, wenn er so groß ist, daß er die Verbrennung der Kohks allzu sehr erschwert. 5) Schwefelgehalt. Diesen sollen gute Kohks gar nicht, oder doch wenigstens nur in sehr geringem Maaße besitzen. Zur Untersuchung der Kohks auf ihren Schwefelgehalt bietet der analytische Weg mehrere Methoden, deren Anwendung aber für die Praxis zu schwierig und zeitraubend ist. Am einfachsten und zweckmäßigsten geschieht eine solche Prüfung, wenn man einen Theil der zu untersuchenden Kohks zu feinem Pulver zerreibt und dies zur Anstellung einer Eisenprobe (s. Probiren der Eisenerze) verwendet. Der hierbei erhaltene Eisen-Regulus, welcher sowohl physisch als chemisch näher geprüft werden kann, giebt den erforderlichen Aufschluß über den vorhandenen Schwefelgehalt und den schädlichen Einfluß desselben. Doch ist es zu berücksichtigen, daß schwefelhaltige Kohks bei ihrer Anwendung im Großen gewöhnlich weniger schädlich wirken, als wenn sie zu einer solchen Probe im Kleinen genommen werden. —

X. Von den gasförmigen Brennmaterialien.

Die Anwendung gewisser brennbarer Gasgemenge als Brennmaterial bei den metallurgischen Processen ist schon seit einigen Decennien in Anregung gebracht worden, aber erst in neuester Zeit zur fortgesetzten Ausführung im Großen gelangt. Bereits im Jahre 1812 nahm Aubertot*) ein Patent auf die derartige Benutzung der aus einem Eisenhohofen entweichenden brennbaren Gase, und etwa im Jahre 1830 wurden auf der Halsbrücker Hütte zu Freiberg Versuche über das Abtreiben des Werkbleies mittelst der Flamme von Steinkohlengas angestellt**). Beide Anregungen verschafften den brennbaren Gasen jedoch keinen dauernden Platz unter den Brennmaterialien; dies gelang erst, etwa vor einem Decennium, den zahlreichen und

Historisches.

*) S. Berthier's Abhandlung: Recherches sur la reduction des minerais de fer in Ann. des mines, 3ième série, t. 13, p. 715. Aubertot beschrieb sein patentirtes Verfahren in Ann. des mines, 1ière série, t. 35, p. 375.
**) Lampadius in Erdmann's Journ., 1ste Reihe, Bd. 5, Heft 2, S. 206.

mühevollen Versuchen, welche der würtembergische Bergrath Faber du Faur auf dem Eisenhüttenwerke Wasseralfingen in dieser Hinsicht anstellte. Seit Faber du Faur's erfolgreichen Bemühungen hat sich die Anwendung gasförmiger Brennmaterialien mit großer Schnelligkeit verbreitet, und es scheint nicht länger zweifelhaft, daß die brennbaren Gase mit der Zeit eine Stelle unter den wichtigsten Brennstoffen des Metallurgen einnehmen werden.

Allgemeine Vorbemerk.

Da man alle bisher angewendeten gasförmigen Brennmaterialien aus festen erzeugt, so ist die Anwendung der ersteren nur eine indirekte Benutzung der letzteren. Wir wissen, daß ein großer Theil der festen Brennmaterialien — Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle — mit Flamme verbrennt und daß diese Flamme von der Verbrennung der durch höhere Temperatur entwickelten brennbaren Gase — Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff u. s. w. — herrührt. Aber auch die unter gewöhnlichen Umständen nicht flammbaren Brennmaterialien, wie Holzkohle, Kohk u. s. w. können unter gewissen Umständen mit Flamme verbrennen und folglich zur Erzeugung brennbarer Gase dienen. Dies geschieht, wie bereits früher erwähnt (s. Eigenschaften der Holzkohle. Flammbarkeit), in dem Falle, wenn dieselben zu größeren Massen zusammengehäuft verbrannt werden, wodurch ein größerer oder geringerer Theil der bei ihrer Verbrennung gebildeten Kohlensäure Gelegenheit findet, sich in Kohlenoxydgas umzuwandeln. Man sieht daher die Möglichkeit ein, aus einem jeden festen Brennmateriale ein gasförmiges darzustellen. Aus den flammbaren festen Brennmaterialien läßt sich durch trockne Destillation die größte Menge gasförmigen Brennstoffes entwickeln. Da hierbei aber die Anwendung eines besonderen Brennmaterial-Quantums zur Feuerung, so wie ein kostbarerer Apparat erforderlich ist, so zieht man es vor, die brennbaren Gase auf ganz ähnliche Weise aus ihnen darzustellen, wie aus Holzkohle, nämlich durch eine unvollständige Verbrennung, bewirkt durch dichte Uebereinanderschichtung und unzureichenden Luftzutritt. Natürlich müssen die so gebildeten Gase abgeleitet werden, ehe sie Gelegenheit fanden, mit unzersetzter atmosphärischer Luft in Berührung zu treten. — Die Nachweisung der Ersparungen und sonstigen Vortheile, welche die Anwendung der gasförmigen Brennmaterialien zur Folge hat, gehört nicht in diesen Abschnitt, dessen Gegenstand ausschließlich ist, die betreffenden Gasgemenge in Bezug auf ihre Eigenschaften als Brennmaterialien und ihre zweckmäßigste Gewinnung näher zu betrachten.

A. Eigenschaften der gasförmigen Brennmaterialien.

Arten der gasförm. Brennmaterialien.

Die aus der Gicht der Hohöfen emporschlagende Flamme beweist, daß der durch die Zwischenräume der Beschickungssäule im Schachte aufsteigende Gasstrom brennbar ist und daß derselbe innerhalb des Schachtes nicht zur

vollständigen Verbrennung gelangt. Leitet man diesen Gasstrom aus dem Ofen, ehe er die Gicht erreicht, d. h. also ehe er verbrennt, so kann man ihn, in eine Röhrenleitung gefaßt, nach irgend einem Feuerheerde führen, hier entzünden und zur Feuerung benutzen. Brennbare Gase, welche auf solche Weise einem Ofen entzogen werden, begreift man unter dem Namen Gichtgase. Die Anwendung derselben, welche mancherlei Uebelstände mit sich führt, ist jedoch nicht so allgemein geworden, wie es die der Generator-Gase zu werden verspricht. Unter letzteren versteht man brennbare Gase, welche nicht als Nebenprodukte erhalten, sondern in eigens dazu construirten Apparaten, Generatoren, erzeugt werden. Sowohl die Gichtgase als die Generator-Gase sind von verschiedener Beschaffenheit, je nach der Art des Brennmaterials, aus welchem ihre Darstellung geschah. Die ersteren können außerdem noch in Bezug auf die Oefen — Eisenhohöfen, andere Hohöfen, Heerdöfen u. s. w. —, aus denen man sie ableitet, in Klassen gebracht werden. — Genau genommen müßte das Kapitel von den gasförmigen Brennmaterialien in eben so viele Unterabtheilungen zerfallen, als es feste Brennmaterialien giebt; dies würde jedoch eine Ausführlichkeit veranlassen, die nicht erforderlich ist, da zwischen den aus verschiedenen festen Brennstoffen gewonnenen Gasen ein weit geringerer Unterschied stattfindet, als zwischen jenen Brennstoffen selbst. Ueberdies fehlt es bis jetzt auch noch zu sehr an Untersuchungen der aus einigen festen Brennmaterialien darstellbaren Gase, welche begreiflicherweise keine constante Zusammensetzung haben, sondern hierin nach der Gewinnungsart differiren.

Diejenigen Arten der Gicht- und Generator-Gase, welche bisher hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Anwendbarkeit näher untersucht wurden, sind folgende:

Gichtgase.

Eisenhohöfen.

1) Holzkohlen-Gichtgase der Eisenhohöfen zu Veckerhagen (Bunsen in Poggend. Ann. Bd. 46, Seite 193 und im Report of the 15th meeting of the British Association for the adv. of sc., 1846, p. 142), zu Clerval (Ebelmen in Ann. des mines, 3ième série, t. 20, p. 359) und zu Bärum (Scheerer und Langberg in Poggend. Ann. Bd. 60, S. 489).
2) Gichtgase, welche aus einem Gemenge von Holzkohlen und lufttrocknem Holze im Hohofen zu Audincourt erzeugt wurden (Ebelmen l. c.).
3) Kohks-Gichtgase der Eisenhohöfen zu Vienne und Pont l'Evêque (Derselbe in Ann. des mines, 4ième série, t. 5, p. 3).
4) Steinkohlen-Gichtgase des Eisenhohofens zu Alfreton, Derbyshire, (Bunsen und Playfair im Rep. of the 15th meet., l. c.).

Heerd-Ofen. Hohöfen z. Kupfer- u. Silberschmelzen.

5) Holzkohlen-Gichtgase der Mansfelder Hohöfen zum Kupferschiefer-Schmelzen (Bunsen in Poggend. Ann. Bd. 50. S. 81. Heine im Bergwerksfreund, Bd. 5, S. 209 und Bd. 6, S. 513).
6) Kohks-Gichtgase dieser Hohöfen (Dieselben, l. c.).
7) Kohks-Holzkohlen-Gichtgase dieser Hohöfen (Dieselben in Poggend. Ann., l. c. und im Bergwerksfr. Bd. 6. S. 513).
8) Kohks-Steinkohlen-Gichtgase dieser Hohöfen (Heine im Bergwerksfreund, Bd. 7, S. 545).
9) Holz-Gichtgase dieser Hohöfen (Derselbe, l. c.).
10) Kohks-Gichtgase der Freiberger Hohöfen zum Rohstein-Schmelzen (Kersten in Berg- und hüttenmännische Zeitung, Bd. 3, S. 137).
11) Holzkohlen-Gichtgase der (hochburgundischen) Eisen-Frischheerde zu Audincourt (Ebelmen in Ann. des mines, 4ième série, t. 3, p. 167).

Generator-Gase.

1) Holzkohlen-Gase (Derselbe, l. c. p. 207)
2) Holz-Gase (Derselbe, l. c.).
3) Torf-Gase (Derselbe, l. c.).
4) Kohks-Gase (Derselbe in Ann. d. mines, 4ième série, t. 5, p. 79).

Die Untersuchungen der Gichtgase aus den Mansfelder und Freiberger Hohöfen haben gelehrt, daß diese Gase wegen ihrer geringen Brennbarkeit und Hitzwirkung im Allgemeinen weniger zur Benutzung geeignet sind, als die aus den Eisenhohöfen abgeleiteten *), aus welchem Grunde ihre nähere Betrachtung hier übergangen werden kann. Ein Gleiches gilt von den Gichtgasen der Heerd-Oefen, welche außerdem noch in den verschiedenen Perioden des Frisch-Processes sehr ungleichartig ausfallen, was ihrer Anwendung große Schwierigkeiten entgegensetzt. Von den Gichtgasen der Eisenhohöfen sind die aus einem Gemenge von Holzkohlen und lufttrocknem Holze erzeugten ebenfalls nur von geringer Wichtigkeit, weil die Anwendung eines so gemengten Brennmaterials beim Eisenhohofen-Betriebe Uebelstände mit sich führt, die es nicht allgemein empfehlen. Es bleiben also von den Gichtgasen nur die unter 1, 3 und 4 aufgeführten zur näheren Betrachtung übrig.

Bestandtheile der gasförm. Brennmaterialien.

Alle bisher angewendeten gasförmigen Brennmaterialien sind Gemenge aus brennbaren und nicht brennbaren Gasen. Unter den brennbaren Gasen

*) Dies ist wenigstens der Fall bei den aus Kohks — dem sowohl beim Mansfelder als Freiberger Ofenbetriebe gebräuchlichen Brennmaterial — entwickelten Gasen, welche zugleich unter Anwendung heißer Gebläseluft und roher Schiefer erzeugt wurden. —

treten besonders auf: Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff; unter den nicht brennbaren: Stickstoff und Kohlensäure. Der Stickstoff rührt hauptsächlich von der zur Verbrennung gedienten atmosphärischen Luft her; nur bei den aus stickstoffhaltigen Brennmaterialien — Steinkohle, Braunkohle und Torf — erzeugten Gasen wird ein geringer Theil aus dem Brennmateriale selbst entwickelt.

Zusammens. d. Gichtgase.

Während sich der im Schachte eines Eisenhohofens aufsteigende Gasstrom von der Form (der Vorrichtung, durch welche ein gepreßter Luftstrom in den unteren Theil des Ofens dringt) bis zur Gicht bewegt, ist derselbe durch die chemische Einwirkung der Beschickungssäule (aufgeschichtetes Brennmaterial, Erz und Zuschlag) einer steten Veränderung seiner Zusammensetzung unterworfen. Im unteren Theile des Ofens, wo der Luftstrom unmittelbar auf das Brennmaterial trifft, wird letzteres vollkommen verbrannt, wobei sich, wenn dasselbe in Holzkohle oder Kohk besteht, hauptsächlich nur Kohlensäure erzeugt, welche sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft mengt. Da diese jedoch stets einen Gehalt von hygroskopischer Feuchtigkeit besitzt, so entsteht zugleich, durch Zersetzung des Wasserdampfes in Berührung mit der glühenden Kohle, eine geringe Quantität Wasserstoff. Dieses Gasgemenge steigt nun aufwärts und erleidet auf seinem Wege zur Gicht verschiedene Veränderungen, von denen später, bei der Theorie des Eisenhohofen-Processes, die Rede seyn wird. Einstweilen genügt es zu wissen, daß, wie sich unmittelbar einsehen läßt, hierbei ein großer Theil der Kohlensäure in Kohlenoxydgas umgewandelt wird, und daß in dem etwas höher gelegenen Theile des Ofenschachtes aus dem Brennmateriale, selbst wenn es in Holzkohle oder Kohk besteht, größere oder geringere Mengen von Wasserstoff oder Kohlenwasserstoff durch trockne Destillation entwickelt werden. Diese rühren davon her, daß die bei der Verkohlung und Verkohkung angewendete Hitze nicht hinreicht, die letzten Antheile von Wasserstoff aus den Holzkohlen und Kohks zu entfernen. Durch die auf solche Weise bewirkte verschiedenartige Zusammensetzung des Gichtgasstromes an verschiedenen Stellen der Schachthöhe wird es bei der Untersuchung von Gichtgasen nothwendig, dieselben in mehreren Höhen über der Form aufzufangen. Bei den folgenden Analysen findet man daher angegeben, aus welchem Theile des Schachtes die analysirten Gichtgase abgeleitet wurden. Ferner sind noch mehrere andere Umstände auf die Zusammensetzung der Gichtgase von Einfluß, unter denen hier nur 1) die Temperatur der durch die Form (oder eigentlich Düse) in den Ofen strömenden gepreßten Luft und 2) der Grad der Pressung (Compression) dieses Luftstromes erwähnt werden mögen. Auch dieser beiden Umstände muß daher bei der Angabe der Zusammensetzung von Gichtgasen gedacht werden.

1) Zusammens. d. Holzk.-Gichtg. v. Veckerhagen.

Bunsen war der erste, welcher die Gichtgase einer Analyse unterwarf. Er bediente sich hierbei der eudiometrischen Methode, welche zufolge seiner und Playfair's Erfahrungen*) zu solchen Bestimmungen geeigneter ist, als die von Ebelmen in Anwendung gebrachte, bei welcher der Liebig'sche Apparat (zur Analyse organischer Stoffe) benutzt wird. Bunsen's Untersuchungen, welche die Holzkohlen-Gichtgase des Eisenhohofens zu Veckerhagen im Hessischen betrafen, ergaben folgende Resultate.

---

*) S. die mehrfach citirte Abhandlung von Bunsen und Playfair im Report of the 15th. meet. Hier findet man auch die revidirte Tabelle über die Zusammensetzung der Veckerhagener Gichtgase. Die frühere war nicht richtig berechnet. —

Die Gase wurden entnommen in einer Höhe über der Form von	Zusammensetzung der Gichtgase in 100 Volum-Theilen.						
	5¾ F.	8¾ F.	11¾ F.	13¼ F.	14¾ F.	16¼ F.	17¾ F.
Stickstoff	64,58	61,45	63,89	62,47	66,29	62,25	62,34
Kohlensäure . . .	5,97	7,57	3,60	3,44	3,32	11,14	8,77
Kohlenoxyd . . .	26,51	26,99	29,27	30,08	25,77	22,24	24,20
Kohlenwasserstoff .	1,88	3,84	1,07	2,24	4,04	3,10	3,36
Wasserstoff	1,06	0,15	2,17	1,77	0,58	1,27	1,33
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Der Hohofen zu Veckerhagen besitzt, von der Form zur Gicht, eine Höhe von 20¾ F. Die Temperatur der Gebläseluft betrug während der Auffammlung der Gase 150° — 300° C. und die Pression derselben war = 16 — 17 Z. Wasserdruck.

Die Holzkohlen-Gichtgase des Eisenhohofens zu Clerval haben, nach Ebelmen's Untersuchungen, folgende Zusammensetzung nach dem Volum. a) Zusammens. d. Holzk.-Gichtg. v. Clerval.

Höhe über der Form:	8 F.	9½ F.	13⅓ F.	17½ F.	22½ F.	25½ F.
Stickstoff	63,07	60,54	59,14	58,15	57,80	57,79
Kohlensäure	0,00	2,23	8,86	13,76	13,96	12,88
Kohlenoxyd	35,01	33,64	28,18	22,65	22,24	23,51
Wasserstoff	1,92	3,59	3,82	5,44	6,00	5,82
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Die Höhe des Hohofens von Clerval, von der Form zur Gicht, beträgt 25½ F. Die Wind-Temperatur während der Auffammlung der Gase war 175°—190° C. und die mittlere Pression = 7,57 Linien Quecksilberdruck.

Langberg's und meine Untersuchungen der Holzkohlen-Gichtgase des norwegischen Hohofens zu Bärum haben ergeben: a) Zusammens. d. Holzk.-Gichtg. v. Bärum.

Höhe über der Form:	10 F.	13 F.	15½ F.	18 F.	20½ F.	23 F.
Stickstoff	64,97	66,12	64,28	63,20	62,65	64,43
Kohlensäure	5,69	8,50	4,27	12,45	18,21	22,20
Kohlenoxyd	26,38	20,28	29,17	18,57	15,33	8,04
Kohlenwasserstoff	0,00	1,18	1,23	1,27	1,28	3,87
Wasserstoff	2,96	3,92	1,05	4,51	2,53	1,46
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Der Hohofen von Bärum ist, von Form bis Gicht, 28 F. hoch. Während der Aufsammlung der Gase betrug die Wind-Temperatur 200°—230° C. und die Pression 14 Linien Quecksilberdruck.

Wo d. Gichtg. abzutreiben sind.

Da das verschiedene Verhältniß der brennbaren Bestandtheile zu den nicht brennbaren einen verschiedenen Wärme-Effekt der Gichtgase bedingt, so ist es nicht gleichgültig, an welchem Punke der Schachthöhe man dieselben zur Benutzung als Brennmaterial ableitet. Dieser Punkt würde durch das Maximum des Wärme-Effektes der Gase gegeben seyn, wenn hierbei nicht zugleich auf einen anderen Umstand Rücksicht genommen werden müßte. Die Gichtgase sind nämlich, wie bei der Theorie des Eisenhohofen-Processes gezeigt werden soll, nichts weniger als nutzlos für diesen Proceß selbst zu betrachten, sondern ihr Aufsteigen innerhalb der Beschickungssäule ist von wesentlichem Einflusse auf das Gelingen desselben. Besonders in dem unteren Theile des Schachtraumes spielen die Gichtgase eine sehr wichtige Rolle und man darf sie daher dem Ofen nicht eher entziehen, bis ihre Gegenwart weniger nothwendig geworden ist. Zufolge Erfahrung und Theorie ist dies etwa in dem oberen Drittel des Schachtes der Fall. Aus diesem Grunde würde man daher die Gichtgase beim Hohofen von Veckerhagen etwa in einer Höhe von 13¼ F. über der Form ableiten müssen, beim Hohofen von Clerval in einer Höhe von 17½ F. und beim Hohofen von Bärum in einer Höhe von 15½ — 18 F. Zwar sollte die Ableitung bei letzterem Ofen, der von der Form bis zur Gicht 28 Fuß hoch ist, eigentlich nicht unter 18 F. stattfinden, da aber die Gichtgase in einer etwas geringeren Höhe, nämlich 15½ über der Form, einen nicht unbeträchtlich größeren Wärme-Effekt besitzen*), so würde man sich in diesem Falle vielleicht nicht ganz streng an obige Regel binden. Höher hinauf als ungefähr zwei Drittel der Schachthöhe über der Form leitet man die Gichtgase hauptsächlich deswegen nicht ab, weil sie sich hier mit dem Wasserdampfe mengen, welcher sich aus der noch nicht vollkommen durchwärmten Beschickung entwickelt. Zufolge Ebelmen's Untersuchungen beläuft sich die procentische Menge dieses Wasserdampfes bei den 5 F. unter der Gicht und höher aufgefangenen Gasen ungefähr auf 10—12 Volum-Proc. — Die zur Anwendung als Brennmaterial hauptsächlich in Betracht kommenden Gicht-

---

*) Durch Berechnung findet man, daß zur Verbrennung der verschiedenen aus dem Bärumer Hohofen abgeleiteten Gichtgasen folgende Sauerstoff-Quantitäten verbraucht werden.

Zu 100 Vol.-Thle. Gichtgas aus 10 F. 13 F. 15½ F. 18 F. 20½ F. 23 F. Höhe über der Form werden verbraucht 14,7 14,5 17,6 14,1 11,5 12,5 Vol.-Thle. Sauerstoff. Der Maximum-Verbrauch von Sauerstoff findet also bei den Gichtgasen aus 15½ F. Höhe Statt.

gase der drei in Rede stehenden Hohöfen sind also von folgender Zusammensetzung.

	Hohofen von:			
	Veckerhagen.	Clerval.	Bärum.	
			I. (15½ F.)	II. (18 F.)
Stickstoff	62,47	58,15	64,28	63,20
Kohlensäure	3,44	13,76	4,27	12,45
Kohlenoxyd	30,08	22,65	29,17	18,57
Kohlenwasserstoff . .	2,24	0,00	1,23	1,27
Wasserstoff	1,77	5,44	1,05	4,51
	100,00	100,00	100,00	100,00

Mittlere Zusammens. der Holzk.-Gichtg.

Die Zusammensetzung des Gases von Veckerhagen kommt der von Bärum I. und die des Gases von Clerval der von Bärum II. so nahe, daß wir uns bei den späteren hierauf bezüglichen Betrachtungen der entsprechenden Mittelwerthe dieser Zusammensetzungen bedienen können, nämlich:

Nach d. Vol.

	A. Veckerhagen und Bärum 1. (Mittel)	B. Clerval und Bärum II. (Mittel)
Stickstoff	63,4	60,7
Kohlensäure	3,9	13,1
Kohlenoxyd	29,6	20,6
Kohlenwasserstoff . . .	1,7	0,6
Wasserstoff	1,4	5,0
	100,0	100,0.

Das erste dieser Gasgemenge möge mit »Holzkohlen-Gichtgas A« und das zweite mit »Holzkohlen-Gichtgas B« bezeichnet werden. Die angegebene Zusammensetzung derselben bezieht sich auf das Volum; ihre Zusammensetzung nach dem Gewichte ergiebt sich daraus, wie folgt.

Nach d. Gew.

	A.	B.
Stickstoff	63,4	59,7
Kohlensäure	5,9	19,4
Kohlenoxyd	29,6	20,2
Kohlenwasserstoff . . .	1,0	0,3
Wasserstoff	0,1	0,4
	100,0	100,0.

Zusammens. d. Kohks-Gichtg.

Ebelmen's Analysen der Kohks-Gichtgase aus den Hohöfen von Vienne und Pont l'Evêque haben zu folgenden Resultaten geführt. Die Gase aus dem ersten Ofen wurden in 4, die aus dem zweiten in 6 verschiedenen Höhen über der Form abgeleitet.

Gase aus dem Hohofen von Vienne:

Höhe über der Form:	2 F.	17¼ F.	28 F.	31¼ F.
Stickstoff	61,07	64,66	63,59	60,70
Kohlensäure	0,68	0,57	2,77	11,58
Kohlenoxyd	36,84	33,39	31,83	25,24
Wasserstoff	1,41	1,38	1,81	2,48
	100,00	100,00	100,00	100,00

Gase aus dem Hohofen von Pont l'Evêque:

Höhe über der Form:	⅔ F.	1 F.	2 F.	10¾ F.	22½ F.	33½ F.
Stickstoff	75,10	71,20	62,70	64,47	62,72	62,47
Kohlensäure	8,11	5,87	0,16	0,17	0,68	7,15
Kohlenoxyd	16,53	22,25	36,15	34,01	35,12	28,37
Wasserstoff	0,26	0,68	0,99	1,35	1,48	2,01
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Höhe des Hohofens von Vienne von der Form bis zur Gicht = 31¼ F.; Temperatur der Gebläseluft = 220 — 250° C., Pression derselben = 0,04 M. Quecksilberdruck. — Höhe des Hohofens von Pont l'Evêque von der Form bis zur Gicht = 33½ F.; Temperatur der Gebläseluft = 130° C., Pression derselben = 0,026 — 0,030 Quecksilberdruck.

Die Stelle, an welcher die Gichtgase aus diesen beiden Hohöfen abzuleiten wären, würde bei dem ersteren etwa 20 F. und bei dem anderen 22 F. über der Form zu liegen kommen. Da bei dem Ofen von Vienne keine Gase aus einer solchen Höhe untersucht wurden, so müssen wir uns an die Zusammensetzung der Gase aus 17¼ F. Höhe halten. Es kommen also folgende zwei Gasgemenge in Betracht, aus denen wir, wegen ihrer sehr ähnlichen Zusammensetzung, das Mittel nehmen.

Mittlere Zusammens. d. Kohks-Gichtg.

Nach d. Vol.

	Vienne.	Pont de l'Evêque.	Mittel.
Stickstoff	64,66	62,72	63,7
Kohlensäure . . .	0,57	0,68	0,6
Kohlenoxyd . . .	33,39	35,12	34,3
Wasserstoff . . .	1,38	1,48	1,4
	100,00	100,00	100,0

Dieser mittleren Zusammensetzung nach dem Volum entspricht folgende Zusammensetzung nach dem Gewichte:

Nach d. Gew.

Stickstoff . . .	64,4
Kohlensäure . .	0,9
Kohlenoxyd . . .	34,6
Wasserstoff . . .	0,1
	100,0

Zusammens. d. Steinkohlen-Gichtgase.

Die Steinkohlen-Gichtgase des Hohofens zu Alfreton wurden von Bunsen und Playfair aus 9 verschiedenen Höhen über der Form abgeleitet und alle diese Gase von ihnen analysirt. Die Resultate waren:

Höhe über der Form:	$2^3/_4$ Fuß.	$12^3/_4$ Fuß.	$13^3/_4$ Fuß.	$16^3/_4$ Fuß.	$19^3/_4$ Fuß.	$22^3/_4$ Fuß.	$25^3/_4$ Fuß.	$28^3/_4$ Fuß.	$31^3/_4$ Fuß.
Stickstoff . . .	58,05	56,75	58,28	60,46	55,49	50,95	52,57	54,77	55,35
Kohlensäure . .	—	10,08	8,19	10,83	12,43	9,10	9,41	9,42	7,77
Kohlenoxyd . .	37,43	25,19	26,97	19,48	18,77	19,32	23,16	20,24	25,97
Kohlenwasserstoff	—	2,33	1,64	4,40	4,31	6,64	4,58	8,23	3,75
Wasserstoff . . .	3,18	5,65	4,92	4,83	7,62	12,42	9,33	6,49	6,73
Oelbildendes Gas	—	—	—	—	1,38	1,57	0,95	0,85	0,43
Cyan	1,34	Spur.	Spur.	—	—	—	—	—	—
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Der Hohofen zu Alfreton ist, von der Form bis zur Gicht, $36^3/_4$ F. hoch. Die Gebläseluft war bis zu 330° C. erwärmt und hatte 6,75 Z. Quecksilberdruck.

Die zweckmäßigste Stelle zur Ableitung der Gichtgase aus diesem Ofen würde etwa $22^3/_4$ F. über der Form zu liegen kommen, woselbst die Gase eine Zusammensetzung haben von:

Nach d. Vol.

Stickstoff . . .	50,95
Kohlensäure . .	9,10
Kohlenoxyd . .	19,32
Kohlenwasserstoff	6,64
Wasserstoff . .	12,42
Oelbildendes Gas	1,57
	100,00

Die entsprechende Zusammensetzung nach dem Gewichte ist:

Nach d. Gew.

Stickstoff . . .	56,3
Kohlensäure . .	15,2
Kohlenoxyd . .	21,5
Kohlenwasserstoff	4,2
Wasserstoff . .	1,0
Oelbildendes Gas	1,8
	100,0.

Zusammens. d. Generator-Gase.

Die Zusammensetzung der aus gleichem Brennmaterial, aber in verschiedenen Generatoren erzeugten Gase ist geringeren Verschiedenheiten unterworfen, als die der Gichtgase, welche aus einerlei Brennmaterial in verschiedenen Hohöfen gewonnen werden, was daher rührt, daß es bei der Erzeugung der ersteren allein auf die zweckmäßige Beschaffenheit des Gases selbst abgesehen ist, während man die Gichtgase nur als ein Nebenprodukt erhält, dessen Zusammensetzung durch mannichfache, durch den Schmelz-Proceß bedingte Umstände modificirt wird. Die folgenden Analysen von Generator-Gasen haben daher eine mehr allgemeine Gültigkeit, als solches bei Analysen von Gichtgasen einzelner Hohöfen der Fall seyn kann.

Generator-Gase aus Holzkohlen.

Aus Holzkohl.

	1.	2.	3.	Mittel.	Mittlere Zusammens. n. d. Gew.
Stickstoff	63,37	62,38	64,47	63,41	64,9
Kohlensäure . . .	0,45	0,59	0,50	0,51	0,8
Kohlenoxyd . . .	33,63	32,74	33,51	33,29	34,1
Wasserstoff . . .	2,55	4,29	1,52	2,79	0,2
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0

Generator-Gase aus Holz.

Erste Art.

	1.	2.	3.	Mittel aus 2 u. 3.		
Stickstoff	51,54	50,72	49,48	50,11	53,2	Aus Holz.
Kohlensäure	9,55	6,67	7,80	7,23	11,6	
Kohlenoxyd	29,45	32,21	32,59	32,40	34,5	
Wasserstoff	9,46	10,39	10,13	10,26	0,7	
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	

Zweite Art.

	1.	2.	3.	Mittel.	
Stickstoff	51,34	49,14	49,64	49,97	55,5
Kohlensäure	12,70	13,43	13,27	13,20	22,0
Kohlenoxyd	18,86	18,60	19,48	18,98	21,2
Wasserstoff	17,10	18,83	17,61	17,85	1,3
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0

Generator-Gase aus Torf.

	1.	2.	Mittel.		
Stickstoff	64,13	58,81	61,47	63,1	Aus Torf.
Kohlensäure	7,32	10,79	9,06	14,0	
Kohlenoxyd	22,63	21,04	21,83	22,4	
Wasserstoff	5,92	9,36	7,64	0,5	
	100,00	100,00	100,00	100,0	

Generator-Gase aus Kohks.

	1.	2.	Mittel.		
Stickstoff	64,64	63,63	64,14	64,8	Aus Kohks.
Kohlensäure	0,80	0,91	0,85	1,3	
Kohlenoxyd	33,31	33,76	33,53	33,8	
Wasserstoff	1,25	1,70	1,48	0,1	
	100,00	100,00	100,00	100,0	

In Bezug auf die gänzliche Abwesenheit des Grubengases, welche sich zufolge der Ebelmen'schen Untersuchungen bei allen diesen Gasgemengen herausstellt, gilt das bereits oben Bemerkte; daß nämlich die Ursache hiervon in der geringeren Vollkommenheit der von Ebelmen angewendeten analytischen Methode zu suchen seyn dürfte. Da jedoch die auf solche Weise übersehenen Kohlenwasserstoff-Mengen wahrscheinlich nur gering sind, so kann dieser Fehler keinen erheblichen Einfluß auf die Resultate ausüben, welche wir bei der Berechnung des Wärme-Effektes der gasförmigen Brennmaterialien aus den Ebelmen'schen Analysen ableiten werden. — Von den aus Holz dargestellten Generator-Gasen findet man in der vorstehenden Zusammenstellung zwei Arten von sehr verschiedenem

Verhältnisse der Bestandtheile angegeben. Dieselben wurden aus gleichem Material, aber in Generatoren von wesentlich verschiedener Construktion erzeugt, nämlich die erste Art in einem gewöhnlichen, die andere in einem Generator mit sogenannter »umgekehrter Verbrennung« (combustion renversée). Dieser Apparat hat den Zweck, das Holz möglichst vollständig in brennbare Gase zu zerlegen, also die Bildung von Theer u. s. w. zu verhindern.

Uebersicht d. Zusammens. d. gasförm. Brennmat.

Zur nachfolgenden Berechnung des Wärme-Effektes der gasförmigen Brennmaterialien gewährt es eine Erleichterung, die Zusammensetzungen der unter ihnen am meisten in Betracht kommenden leicht übersehen zu können, weswegen man dieselben hier zusammengestellt findet. Das Verhältniß der Bestandtheile ist dabei nur dem Gewichte nach angegeben, da die Zusammensetzung nach dem Volum für unseren Zweck von keiner Wichtigkeit ist.

Gichtgase aus:

	Holzkohlen.		Kohks.	Steinkohlen.
	A.	B.		
Stickstoff	63,4	59,7	64,4	56,3
Kohlensäure	5,9	19,4	0,9	15,2
Kohlenoxyd	29,6	20,2	34,6	21,5
Kohlenwasserstoff	1,0	0,3	—	4,2
Wasserstoff	0,1	0,4	0,1	1,0
Oelbildendes Gas	—	—	—	1,8
	100,0	100,0	100,0	100,0

Generator-Gase aus:

	Holzkohlen.	Holz.		Torf.	Kohks.
		I.	II.		
Stickstoff	64,9	53,2	55,5	63,1	64,8
Kohlensäure	0,8	11,6	22,0	14,0	1,3
Kohlenoxyd	34,1	34,5	21,2	22,4	33,8
Wasserstoff	0,2	0,7	1,3	0,5	0,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Absoluter W.-E. d. gasförm. Brennmat.

Der absolute Wärme-Effekt dieser 9 Gasgemenge kann, wenn man ihn in Wärme-Einheiten ausdrücken will, nach der Formel 4 (s. S. 142) berechnet werden. Da wir aber die absoluten Wärme-Effekte der übrigen Brennmaterialien mit dem des Kohlenstoffs = 1 verglichen haben, so erscheint es zweckmäßig, diese Bestimmungsart auch jetzt beizubehalten. Zu diesem Ende kommt es nur darauf an, zu ermitteln, welches Sauerstoff-

Quantum jedes der 9 Gasgemenge zu seiner vollständigen Verbrennung bedarf, zu einer Verbrennung nämlich, bei welcher alles Kohlenoxyd in Kohlensäure, aller Kohlenwasserstoff in Kohlensäure und Wasser, und aller Wasserstoff in Wasser umgewandelt wird. Die hierzu nöthigen Sauerstoffmengen, welche man leicht aus den Atomgewichten dieser Gase ableiten kann, sind 1) für 1 Gwthl. Kohlenoxyd 0,57 Gwthle. Sauerstoff, 2) für 1 Gwthl. Kohlenwasserstoff 4 Gwthle. Sauerstoff, 3) für 1 Gwthl. Wasserstoff 8 Gwthle. Sauerstoff und 4) für 1 Gwthl. ölbildendes Gas 3,43 Gwthle. Sauerstoff. Aus diesen Daten ergiebt sich:

Gichtgase.

1 Gwthl.	Holzkohlengas A	erfordert	zu seiner	Verbr.	0,217	Gwthle.	Sauerst.
1 »	Holzkohlengas B	»	»	»	»	0,159	»	»
1 »	Kohksgas	»	»	»	»	0,205	»	»
1 »	Steinkohlengas	»	»	»	»	0,432	»	»

Generator-Gase.

1 Gwthl.	Holzkohlengas	erfordert	zu seiner	Verbr.	0,210	»	»
1 »	Holzgas I.	»	»	»	»	0,253	»	»
1 »	Holzgas II.	»	»	»	»	0,225	»	»
1 »	Torfgas	»	»	»	»	0,168	»	»
1 »	Kohksgas	»	»	»	»	0,201	»	»

Da nun 1 Gwthl. Kohlenstoff zu seiner vollständigen Verbrennung 2,67 Gwthle. Sauerstoff gebraucht, so erhält man die gesuchten absoluten Wärme-Effekte, wenn man die eben angegebenen Sauerstoff-Quantitäten durch 2,67 dividirt.

Gichtgase.	Absolut. W.-E.
Holzkohlengas A	0,081
Holzkohlengas B	0,060
Kohksgas	0,077
Steinkohlengas	0,162

Generator-Gase.	
Holzkohlengas	0,079
Holzgas I.	0,095
Holzgas II.	0,084
Torfgas	0,063
Kohksgas	0,075

Specif. W.-E. d. gasförm. Brennmat.

Der **specifische Wärme-Effekt** der gasförmigen Brennmaterialien wird gefunden, wenn man das spec. Gewicht jedes derselben (im Vergleich

zu dem des Wassers = 1) berechnet und es mit dem absoluten Wärme-Effekte des betreffenden Gasgemenges multiplicirt. Da aber das spec. Gew. der meisten dieser Gase nur sehr wenig von dem der atmosphärischen Luft abweicht, so kann man sich hierbei durchgängig des spec. Gewichtes der letzteren bedienen, welches, das des Wassers = 1 gesetzt, = 0,0013 in Rechnung zu bringen ist. Man erhält auf diese Weise folgende Werthe, die sich auf den specifischen Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 1 beziehen.

Gichtgase.	Spec. W.-E.
Holzkohlengas A	0,000105
Holzkohlengas B	0,000078
Kohksgas	0,000100
Steinkohlengas	0,000211
Generator-Gase.	
Holzkohlengas	0,000103
Holzgas I.	0,000124
Holzgas II.	0,000109
Torfgas	0,000082
Kohksgas	0,000098

Der specifische Wärme-Effekt der gasförmigen Brennmaterialien ist also außerordentlich gering. Vergleicht man ihn mit dem der festen, so findet man durch eine einfache Berechnung, daß z. B. 1 Cub.-Zoll gewöhnlicher Holzkohle bei der Verbrennung etwa eben so viel Wärme entwickelt wie 1 Cub.-Fuß Holzkohlengas, 1 Cub.-Zoll Anthracit aber so viel wie 1 Cub.-Elle dieses Gases.

Pyrometr. W.-E. gasförm. Brennmat.

Der pyrometrische Wärme-Effekt der gasförmigen Brennmaterialien läßt sich nach der Formel 8 (s. S. 149) berechnen. Es vereinfacht diese Berechnung bedeutend, wenn man die vorhin angegebene Zusammensetzung der 9 Gasgemenge einer Umformung aus folgendem Gesichtspunkte unterwirft. Da 1 Gwthl. Kohlenoxyd aus 0,43 Gwthl. Kohlenstoff und 0,57 Gwthl. Sauerstoff besteht, letztere aber 0,215 Gwthl. Kohlenstoff bedürfen, um damit Kohlensäure zu bilden, so kann man 1 Gwthl. Kohlenoxyd zusammengesetzt betrachten aus 0,785 Gwthl. Kohlensäure und 0,215 Gwthl. Kohlenstoff. Ein solches Gemenge wird denselben Wärme-Effekt besitzen wie 1 Gwthl. Kohlenoxyd. Zerlegt man auf solche Weise das in jedem jener 9 Gasgemenge enthaltene Kohlenoxyd in Kohlensäure und Kohlenstoff, und rechnet letzteren zu dem im Kohlenwasserstoffgase enthaltenen Kohlenstoff, während man den Wasserstoff dieses Gases zu dem im Gasgemenge vorhandenen freien Wasserstoff addirt, so erhält man als Be-

standtheile der gasförmigen Brennmaterialien, außer Stickstoff und Kohlensäure, nur Kohlenstoff und Wasserstoff, was die Berechnung erleichtert. Diese vorbereitende Umformung ist in dem Folgenden ausgeführt.

Es läßt sich betrachten:	als zusammengesetzt aus:			
	Stickstoff	Kohlens.	Kohlenstoff	Wasserstoff
(Gichtgase)				
1 Gwthl. Holzkohlengas A . .	0,634	0,291	0,071	0,004
1 » Holzkohlengas B . .	0,597	0,351	0,047	0,005
1 » Kohksgas	0,644	0,279	0,076	0,001
1 » Steinkohlengas . . .	0,563	0,320	0,094	0,023
(Generator-Gase)				
1 » Holzkohlengas . . .	0,649	0,274	0,075	0,002
1 » Holzgas I.	0,532	0,385	0,076	0,007
1 » Holzgas II.	0,555	0,385	0,047	0,013
1 » Torfgas	0,631	0,315	0,049	0,005
1 » Kohksgas	0,648	0,277	0,074	0,001

Mit Zugrundelegung dieser Verhältnisse der Bestandtheile sind die folgenden pyrometrischen Wärme-Effekte berechnet und es sind dabei angenommen worden 1) die spec. Wärme des Stickstoffs = 0,275, 2) die spec. Wärme der Kohlensäure = 0,221 und 3) die spec. Wärme des Wasserdampfes = 0,847. Stickstoff und Kohlensäure wurden dabei als Körper in die Formel eingeführt, welche sich bei der Verbrennung der übrigen mit 0 Sauerstoff verbinden.

Gichtgase.	Pyrometr. W.-E.
Holzkohlengas A	1255° C.
Holzkohlengas B	1075° »
Kohksgas	1265° »
Steinkohlengas	1480° »
Generator-Gase.	
Holzkohlengas	1260° »
Holzgas I.	1325° »
Holzgas II.	1165° »
Torfgas	1070° »
Kohksgas	1240° »

Von den Gichtgasen der Mansfelder und Freiberger Schachtöfen wurde oben bemerkt, daß sie sich, wegen ihres geringeren Wärme-Effektes, weniger zu einer Benutzung eignen, als die Gase der Eisenhohöfen. Durch folgende Berechnung wird dies dargethan werden. Zufolge Bunsen's und Hei-

ne's Analysen der Mansfelder Gichtgase kann die mittlere Zusammensetzung derselben in runder Zahl angenommen werden zu etwa:

	(Vol.-Thle.)
Stickstoff . . .	66
Kohlensäure . . .	16
Kohlenoxyd	16
Kohlenwasserstoff . . .	1
Wasserstoff . .	1
	100.

Der hieraus nach der Formel 8 (S. 149) berechnete pyrometrische Wärme-Effekt ist = 880° C. Zuweilen scheinen jedoch diese Gase fast gänzlich frei von Kohlenwasserstoff und Wasserstoff zu seyn, dafür aber eine um so viel größere Menge Kohlenoxyd (18 Proc.) zu enthalten. In diesem Falle beträgt ihr pyrometrischer Wärme-Effekt 745° C. Die mittlere Zusammensetzung der Freiberger Gichtgase läßt sich, nach Kersten's Analysen, in runder Zahl annehmen zu:

	(Vol.-Thle.)
Stickstoff	72
Kohlensäure	14
Kohlenoxyd	10
Kohlenwasserstoff . .	2
Wasserstoff	2
	100

was einem pyrometrischen Wärme-Effekt von 820° C. entspricht. Alle diese Gase wurden aus Kohks und bei Anwendung erhitzter Gebläseluft erzeugt; ihre Ableitung geschah 4 — 7 F. unter der Gicht. Bei Anwendung von Holzkohlen und kalter Gebläseluft erhält man Gase, deren pyrometrischer Wärme-Effekt dem der Gichtgase aus den Eisenhohöfen näher kommt. —

Anmerkung in Bezug auf die Berechnung der Wärme-Effekte der gasförmigen Brennmaterialien. Wir haben bei den vorhergehenden Berechnungen angenommen, das Welter'sche Gesetz — gleiche Sauerstoffmengen erzeugen bei der Verbrennung gleiche Wärme-Quantitäten — erleide in keinem der betreffenden Fälle eine Ausnahme. Inwiefern wir hierzu bei den festen Brennmaterialien berechtigt waren, ist früher gezeigt worden; die Anwendbarkeit dieses Gesetzes auf die gasförmigen bedarf jedoch einer näheren Beleuchtung. Nach Dalton's direkten Bestimmungen ist der absolute Wärme-Effekt des

	Wärme-Einh.
Kohlenoxydes . . .	1857

Kohlenwasserstoffs, CH^4, 6375
Oelbildenden Gases 6600

Berechnet man die absoluten Wärme-Effekte nach der Formel $A = 3000.S$ (s. S. 142), so findet man — da 1 Gwthl. dieser Gase respektive 0,57 Gwthl., 4 Gwthle. und 3,43 Gwthle. Sauerstoff zu seiner vollständigen Verbrennung gebraucht — folgende Werthe:

	Wärme-Einh.
Kohlenoxyd . .	1710
Kohlenwasserstoff . .	12000
Oelbildendes Gas .	10290

Zwischen den berechneten und den durch Versuche ermittelten absoluten Wärme-Effekten zeigen sich also mehr oder weniger bedeutende Differenzen. Nimmt man auch an, daß die beim Kohlenoxydgase stattfindende Abweichung (1,09:1) von den bei Versuchen dieser Art äußerst schwer zu entgehenden Ungenauigkeiten herrührt, so ist doch der Unterschied beim ölbildenden, noch mehr aber beim Kohlenwasserstoff allzu bedeutend, als daß hier eine solche Annahme gestattet werden könnte. Der erfahrungsmäßige absolute Wärme-Effekt des ersten beträgt 0,64 und der des anderen 0,53 des berechneten Effektes. Trotz dieser großen Unterschiede ergiebt sich hieraus aber kein erheblicher Einfluß auf unsere Berechnungen, indem Gicht- und Generator-Gase nur geringe Quantitäten Kohlenwasserstoff und, mit Ausnahme des Steinkohlengases, durchaus kein ölbildendes Gas enthalten. So z. B. ist, wenn der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 1 gesetzt wird,

	nach d. Welter'schen Theorie.	zufolge Dalton's Bestimmungen.
der absol. W.-Eff. des Holzkohlengases A	0,081	0,080
der spec. W.-Eff. dieses Gases	0,000105	0,000104
der pyrom. W.-Eff. dieses Gases .	1255°C.	1240°C.

Nur beim Steinkohlengase treten, da dasselbe sowohl eine bedeutende Quantität Kohlenwasserstoff (4,2 Proc.) als auch ölbildendes Gas (1,8 Proc.) enthält, beträchtlichere Veränderungen ein, wenn wir die Dalton'schen Erfahrungen in Anwendung bringen. Es ist nämlich

	nach d. Welter'schen Theorie.	zufolge Dalton's Bestimmungen.
der absol W.-Eff. des Steinkohlengases	0,162	0,128
der spec. W.-Eff. dieses Gases . . .	0,000211	0,000166
der pyrom. W.-Eff. dieses Gases	1480°C.	1120°C.

Wenn sich daher auch das Welter'sche Gesetz, nach Dalton's Versuchen, in einigen Fällen als unrichtig erweist, so können diese bei der Berechnung der Wärme-Effekte der Brennmaterialien, mit Ausnahme des Stein-

kohlengases und ähnlicher Gasgemenge, ohne erheblichen Fehler übersehen werden.

Von einer anderen Seite her droht der Anwendbarkeit der Welter'schen Theorie aber ein schlimmerer Feind. Wir haben früher gesehen, daß dieselbe zunächst darauf basirt ist, daß 1 Gwthl. Sauerstoff eben so viel Wärme erzeugt, wenn er mit einer entsprechenden Quantität Wasserstoff zu Wasser, als wenn er mit Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt. Dieser auf den Untersuchungen von Lavoisier, Clement und Despretz fußende Erfahrungssatz scheint durch neuere Versuche von Dulong gänzlich über den Haufen gestürzt zu werden, wie sich aus folgender Zusammenstellung ergiebt.

Absol. W.-Eff. des Wasserstoffs in Wärme-Einh. { 23400 Lavoisier; 22125 Clement; 23640 Despretz; 34800 Dulong*).

Der absolute Wärme-Effekt des Wasserstoffs, welcher nach Lavoisier, Clement und Despretz annähernd das Dreifache von dem des Kohlenstoffs beträgt, ist folglich nach Dulong $4^1/_2$mal so groß, als der des letzteren. Daß die unter sich sehr nahe übereinstimmenden Resultate der drei älteren Beobachter in einem solchen Grade unrichtig seyn sollten, läßt sich fast nicht annehmen. Trotz Dulong's anerkannter Genauigkeit können wir dessen Beobachtungen im gegenwärtigen Falle vor der Hand kein volles Zutrauen schenken, und zwar um so weniger, als das Detail der Dulong'schen Versuche bisher nicht bekannt geworden ist**). Sollten wiederholte Arbeiten über diesen Gegenstand gleichwohl beweisen, daß die von Dulong

---

*) Durch Verbrennung von 1 Litre Wasserstoff wurden 3111 Grammes Wasser um 1°C. erwärmt. Da nun 1 Litre Wasserstoff 0,0893 Grm. wiegt, so ist folglich der absolute Wärme-Effekt des Wasserstoffs $= \frac{3111}{0,0893} = 34800$ W.-Einh.

**) Dulong starb vor der Beendigung dieser Versuche. Unter seinen nachgelassenen Papieren fanden sich hierüber keine andere Daten, als eine Aufzeichnung der Haupt-Resultate, welche von Arago in den Comptes rendus 1838, 2ième semestre, p. 871, veröffentlicht worden ist. Kurze Zeit vor seinem Tode hatte Dulong an Heß eine Mittheilung über einige allgemeine Gesetze gemacht, welche er damals aus den Resultaten jener Untersuchungen ableiten zu können glaubte. Auch diese Gesetze wurden an der citirten Stelle mitgetheilt. Sie lassen sich aber, wie auch Arago bemerkt, auf keine Weise mit den Resultaten der speciellen Fälle in Harmonie bringen, und es ist daher augenscheinlich, daß entweder jene Gesetze oder die speciellen Resultate eines Commentars bedürfen, ohne welchen es gewagt seyn möchte, sich der einen oder der anderen zu bedienen

ermittelten absoluten Wärme-Effekte die richtigen sind, so würde dies große Veränderungen in den berechneten Wärme-Effekten der gasförmigen Brennmaterialien zur Folge haben. Außer der so eben angeführten, beim Wasserstoff stattfindenden Abweichung ergeben sich aus Dulong's Arbeit noch folgende andere:

	Absol. W.-Eff. nach Dulong*).	in W.-Einh. n. d. Welter'schen Theorie.
Kohlenoxyd . . .	2466	1710
Kohlenwasserstoff (CH^4)	13260	12000
Oelbildendes Gas . .	12000	10290.

In Betreff des Kohlenwasserstoffs und ölbildenden Gases nähern sich Dulong's Beobachtungen dem Welter'schen Gesetze weit mehr als die zuvor erwähnten von Dalton; beim Kohlenoxyd entfernen sie sich aber in hohem Grade von demselben. Wenn es auch einstweilen unentschieden bleiben muß, auf welcher Seite die Wahrheit liegt, so ist es jedenfalls von Interesse zu erfahren, welche Veränderungen in den berechneten Wärme-Effekten der gasförmigen Brennmaterialien hervorgebracht werden, wenn wir die Dulong'schen Resultate dabei zu Grunde legen. Dies ist bei den folgenden Beispielen in Ausführung gebracht.

		Wärme-Effekt		
		absoluter	specifischer	pyrometrischer
(Gichtgase)				
Holzkohlengas A	W.	0,081	0,000105	1250° C.
	D.	0,108	0,000140	1650° »
Holzkohlengas B	W.	0,060	0,000078	1075° »
	D.	0,080	0,000104	1450° »
Kohksgas	W.	0,077	0,000100	1275° »
	D.	0,107	0,000139	1750° »
Steinkohlengas	W.	0,162	0,000211	1475° »
	D.	0,205	0,000267	1875° »
(Generator-Gas)				
Holzgas I.	W.	0,095	0,000124	1325° »
	D.	0,136	0,000177	1875° »

*) Die absoluten Wärme-Effekte dieser drei Gase wurden aus Dulong's Angaben berechnet, daß 1 Litre jedes derselben die Temperatur von respektive 3100, 9600 und 15300 Grm. Wasser um 1° C erhöht.

Während also die meisten Gicht- und Generator-Gase durch Berechnung nach der Welter'schen Theorie (W.) einen pyrometrischen Wärme-Effekt von ungefähr 1200° — 1400° C. erhalten, liegt dieser Effekt, wenn man ihn nach Dulong's Versuchen berechnet (D.), zwischen etwa 1600° und 1900° C., beträgt daher durchschnittlich 400° — 500° C. mehr. Die französischen Metallurgen nehmen den letzteren für den richtigen an. Im folgenden Abschnitte werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen.

B. Gewinnung der gasförmigen Brennmaterialien.

Gewinnung d. Gichtg.

Die Gewinnung der Gichtgase, oder vielmehr die Ableitung derselben aus dem Schachte eines Hohofens wird im nächstfolgenden, von den Wärme-Beförderungsmitteln handelnden Abschnitte beschrieben werden. Sie findet dort einen geeigneteren Platz als hier, weil der Zweck einer solchen Gas-Ableitung hauptsächlich darin besteht, einen Theil der beim Hohofen-Betriebe sonst verloren gehenden Wärme zu benutzen

Gewinnung d. Generator-G.

Zur Erzeugung der brennbaren Gase in Generatoren kann jedes feste Brennmaterial angewandt werden. In der Regel wählt man ein solches, dessen schlechtere Qualität es zur Benutzung auf gewöhnliche Art — als festes Brennmaterial — wenig oder gar nicht anwendbar macht. Holzabfälle, Holzkohlenklein, Torf, Braunkohlenklein und nicht backende Staubkohlen sind geeignete Materialien hierzu. Ob es sich für gewisse Zwecke lohnen könne, auch die besseren und besten Sorten der festen Brennmaterialien in Gase umzuwandeln, ist eine Frage, deren Beantwortung nicht hierher gehört.

Wesen des Processes.

Das zur Darstellung der Generator-Gase dienende Brennmaterial befindet sich in einem schachtförmigen Raume übereinandergehäuft und wird durch einen Luftstrom so weit verbrannt, daß die entweichenden Gase möglichst viel Kohlenoxyd enthalten. Wendet man Holzkohle oder Kohk als Erzeugungs-Material an, so bestehen die Gase, wie Ebelmen's Analysen zeigen, fast nur aus Kohlenoxyd und dem Stickstoff der verbrannten atmosphärischen Luft; bei der Anwendung von Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle enthalten sie dagegen zugleich auch Kohlensäure, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Eintheil. d. Generatoren.

Alle bisher in Anwendung gebrachten Gas-Generatoren lassen sich in zwei Abtheilungen bringen, nämlich in Generatoren mit und in solche ohne Gebläse-Vorrichtung.

Generatoren ohne Gebläse.

Einen Generator ohne Gebläse-Vorrichtung von einer Construktion, welche Bischof (Hüttenmeister zu Mägdesprung im Harze) angegeben hat, zeigt die folgende Figur.

Der Schacht des Ofens, in welchem die Erzeugung der Gase vor sich geht, besteht aus 3 Theilen, *a*, *b* und *d*. Der mittlere Theil *a*, von 5 F. Durchmesser und $5^1/_3$ F. Höhe, ist cylindrisch; der obere Theil *b*

Fig. 79.

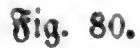


und der untere Theil, *d*, sind abgestumpft konisch und ihre Höhe beträgt $4^{1}/_{3}$ F. und 2 F. — *r* ist ein schiefliegender Rost, unter welchem sich der durch die gußeiserne Platte *f* verschlossene Aschenfall *e* befindet. Die eiserne Vorsetz-Thür *g* verschließt die unmittelbar oberhalb des Rostes in den Ofen führende Oeffnung. Vermittelst des Fuchses *l* gelangen die Gase, wenn der Schieber *s* geöffnet ist, in den Kanal *k*, dessen obere Wandung aus gußeisernen Platten besteht, welche sowohl des Dichthaltens als der geringeren Wärme-Ableitung wegen, mit einer Sandschicht bedeckt sind. Der Querschnitt dieses Kanals ist quadratisch und hat 1 F. Seite. Der Hals des Ofenschachtes, *c*, ist von dem eigentlichen Schachtraume durch einen eisernen Schieber getrennt, welchen man in der Zeichnung angedeutet findet; ein Deckel, *p*, aus gleicher Masse, schließt die obere Mündung des Ofens. — Soll dieser Generator in Betrieb gesetzt werden, so bringt man eine Schicht glühender Kohlen auf den Rost *r* und füllt den ganzen Ofenraum bis unter den Deckel *p* mit dem zur Gaserzeugung bestimmten Brennmaterial an. Wir wollen annehmen, dasselbe bestehe aus Holzkohlen. Da die Thür *g* verschlossen ist, so dringt die Luft durch 3 in der Platte *f* angebrachte Zugöffnungen (von 2 Zoll Durchmesser) und bewirkt die Ausbreitung des Feuers oberhalb des Rostes. In der Nähe des letzteren ist die Verbrennung mehr oder weniger vollständig, d. h. die Kohle wird zu Kohlensäure verbrannt. Indem aber diese aufwärts steigt und auf diesem Wege mit glühenden Holzkohlen in Berührung tritt, wandelt sie sich sehr bald in Kohlenoxydgas um, so daß der Gasstrom etwa in der halben Höhe des Schachtes fast nur aus Kohlenoxyd und Stickstoff besteht, also auf die höher gelegenen Kohlen keinen chemischen Einfluß mehr ausüben kann. Durch den Schieber *s* regulirt man die Ausströmung der Gase in den Ableitungs-Kanal *k* und folglich auch den Luftzutritt durch die Oeffnungen der Platte *f*, wie überhaupt den ganzen Verbrennungs-Proceß. Je mehr Luft einströmt, desto mehr Gas wird sich in einem gegebenen Zeitraume erzeugen, desto mehr Kohlen werden aber auch consumirt und desto höher wird die Grenzzone zu liegen kommen, welche die nur kohlenoxyd- und stickstoffhaltigen Gase von den noch kohlensäurehaltigen trennt. Bei zu lebhaftem Luftzuge würde diese Zone so weit nach oben rücken, daß auch die in den Kanal eintretenden Gase noch kohlensäurehaltig, folglich von geringerem Brenn-Effekte seyn würden. Um diesem Uebelstande zu entgehen, ist es

nothwendig, das Innere des Ofens beobachten zu können, wozu die 3 Oeffnungen *o, o, o* dienen. Die Steine, wodurch dieselben verschlossen gehalten werden, kann man leicht herausziehen. Ist der Proceß im guten Gange, so erblickt man durch die unterste dieser Oeffnungen die Kohlen in voller Gluth, während sie sich, durch die mittlere derselben betrachtet, weniger stark und durch die obere gar nicht glühend zeigen. Breitet sich die Gluth dagegen weiter nach oben aus, so wird ein kohlensäurehaltiges Gas erzeugt. Das Aufgeben neuer Kohlen, um die verbrannten zu ersetzen, geschieht in Zeiträumen, welche durch die Verbrennung eines gewissen Kohlenquantums bestimmt werden. Ein solches Kohlenquantum befindet sich zwischen dem Deckel *p* und dem ungefähr $1^1/_4$ F. darunter angebrachten eisernen Schieber. Sobald man, bei normalem Gange des Processes, vermuthen kann, daß unterhalb dieses Schiebers hinreichender Raum für ein neues Aufgeben entstanden ist, so wird der Schieber zurückgezogen und alsbald wieder eingeschoben. Der Raum *c* wird hierdurch seiner Kohlen entleert, erhält aber sogleich wieder eine neue Ladung. Durch diese Art des Aufgebens erreicht man zweierlei Vortheile; man verhindert dadurch sowohl das Entweichen von Gasen bei der Abhebung des Deckels *p*, als auch die Abkühlung des Ofens, welche erfolgen würde, wenn man die kalten Kohlen unmittelbar in den Schacht schütten wollte. Die zwischen Deckel und Schieber eingeschlossenen Kohlen werden erwärmt und zugleich ausgetrocknet. — Bei der Anwendung unverkohlter Brennmaterialien — Holz, Torf, Braunkohlen oder Steinkohlen — zur Gaserzeugung ist der Hergang ein ganz analoger. Welches dieser Brennmaterialien man auch anwendet, so wird dasselbe auf seinem Wege von der Gicht des Ofens nach dem Roste allmälig in ein verkohltes umgewandelt und unmittelbar über dem Roste gelangt fast nur Kohlenstoff zur Verbrennung. In den höher gelegenen Theilen des Ofenschachtes wird der Proceß aber dadurch modificirt, daß sich die flüchtigen Destillations-Produkte des betreffenden Brennmaterials mit dem aus Kohlenoxyd und Stickstoff bestehenden Gasstrome mischen. Da diese Produkte, wie wir früher gesehen haben, stets Kohlensäure enthalten, und da sich in den oberen, kälteren Theilen des Schachtraumes keine Gelegenheit zur Umwandlung derselben in Kohlenoxydgas bietet, so werden folglich alle aus unverkohlten Brennmaterialien dargestellten Generator-Gase kohlensäurehaltig seyn. Zugleich werden sie aber auch eine bedeutende Quantität Theer- und Wasserdämpfe bei sich führen, welche erstere, wenn sie nicht vor der Verbrennung zur Condensation gelangen, den Wärme-Effekt der Gase erhöhen, und welche letztere ihn erniedrigen.

Generatoren mit Gebläse.

Ein Generator mit Gebläse-Vorrichtung von einer Construktion, deren man sich nach Ebelmen's Vorschlage auf dem Eisenhüttenwerke Audincourt bedient hat, ist in Fig. 80 abgebildet.


Fig. 80.



Die Einrichtung dieses Generators hat viel Aehnlichkeit mit der eines Eisenhohofens; nur sind die Dimensionen des ersteren bedeutend geringer. Die Höhe des Schachtraumes *a*, von der Sohle *b* bis zur Gicht, beträgt 2,95 Meter, die Höhe des ganzen Apparates 3,20 Meter. Am oberen Ende der Rast, also an der breitesten Stelle, hat der Schacht einen Durchmesser von 1 M., am unteren Rastende einen Durchmesser von 0,25 M. und an der Gicht von 0,33 M. *f*, *f* sind zwei Formen, durch welche der Apparat mit Wind gespeist wird. Von der Gicht aus ragt eine gußeiserne Röhre 1,33 M. niederwärts in den Schachtraum, welche man während des Processes stets bis an ihre obere Mündung mit Brennmaterial — zu Audincourt wendete man Holzkohlenklein an — gefüllt erhält. Die Gicht durch einen Deckel zu verschließen, ist nur dann nothwendig, wenn das zur Gaserzeugung verwendete Brennmaterial aus größeren Stücken besteht, welche also größere Zwischenräume zwischen sich lassen. Kohlenklein bewirkt bereits für sich einen hinreichend dichten Verschluß, indem die Gase durch den Ableitungs-Kanal *k* einen bequemeren Ausweg finden, als durch das dicht gefüllte Rohr *r*. Der Eintritt in jenen Kanal wird denselben besonders dadurch erleichtert, daß sich rings um das Rohr *r* — in dem Raume *qq* oberhalb der punktirten Linien — kein Brennmaterial befindet. — In Bezug auf den Verbrennungs- und Gaserzeugungs-Proceß gilt bei den Generatoren mit Gebläse dasselbe, was bei den Generatoren ohne Gebläse hierüber angeführt wurde.

In welchem Falle letztere vorzuziehen.

Wo es sich um die Darstellung bedeutender Quantitäten brennbarer Gase handelt, welche zugleich mit einer nicht geringen Geschwindigkeit ausströmen sollen, ist man genöthigt, sich der Generatoren mit Gebläse zu bedienen. Dies wird um so mehr erfordert, wenn das Gaserzeugungs-Material aus sehr kleinen Stücken besteht, oder wohl gar zum Theil pulverförmig ist, wodurch der Zug im Bischof'schen Generator allzu sehr geschwächt werden würde. Die Generatoren mit Gebläse gewähren zugleich den Vortheil, daß man die in ihnen erzeugten Gase mittelst niederwärts gehender Röhren nach dem Feuerheerde leiten kann, wo sie verbrannt werden sollen, während der Bischof'sche Apparat eine derartige Gasableitung, durch welche der Zug zu sehr geschwächt werden würde, nicht zuläßt. Bei diesem ist es nothwendig, daß der Ort der Verbrennung der Gase in un-

gefähr gleichem Niveau mit dem Kanale *k* zu liegen kommt. Da aber die Höhe des Generators bis zu diesem Niveau nicht unbedeutend ist — sie beträgt bei dem in Fig. 80 dargestellten etwa 8 Fuß — und man den Feuerheerd des betreffenden Ofens nicht gut in solcher Höhe über dem Erdboden anbringen kann, so ist man genöthigt, den Aschenfall und selbst einen Theil des Schachtes vom Generator unter der Hüttensohle anzulegen.

Schwierigkeiten in Bezug auf d. zweckmäßigste Construktion der Generatoren.

Obgleich die Erzeugung der brennbaren Gase an Bedingungen geknüpft ist, welche sich anscheinend sehr leicht erfüllen lassen, so ist man mit der zweckmäßigsten Construktion der Generatoren doch noch keineswegs auf dem Reinen. Die sich hierbei entgegenstellenden Schwierigkeiten sind hauptsächlich folgende. 1) Die Asche des zur Gas-Erzeugung angewendeten Brennmaterials häuft sich nach und nach im Schachte an, sintert auch wohl, besonders in den Gebläse-Generatoren, zusammen und bewirkt auf solche Weise eine Schwächung und unregelmäßige Vertheilung des Luftstromes. Durch öfteres Reinigen des unteren Ofenraumes kann dieser Uebelstand freilich beseitigt werden, allein während der hierzu nöthigen Manipulationen wird der normale Gang des Processes stets mehr oder weniger unterbrochen, was sich sogleich an der geringeren Hitzwirkung der verbrennenden Gase erkennen läßt. Auf einigen Hüttenwerken hat man daher mit dem Brennmateriale einen leichtflüssigen Zuschlag aufgegeben, welcher mit der Asche zusammenschmilzt und sie dadurch aus dem Wege schafft. Zu Audincourt wurden von Ebelmen auf 100 Volumtheile Brennmaterial $1^1/_2$ Volumtheile eines aus gleichen Theilen Hohofenschlacke, Frischschlacke und eisenhaltigem Thone bestehenden Zuschlages zugesetzt. Der Erfolg war ein vollkommen günstiger. Die Asche schmolz mit dem Zuschlage zu einer leichtflüssigen Schlacke zusammen, welche durch eine unmittelbar über der Ofensohle angebrachte Oeffnung abfloß. Bei den Generatoren ohne Gebläse ist diese Maaßregel weniger anwendbar, aber auch weniger nothwendig, weil die Asche in ihnen nicht so leicht zur Sinterung gelangt. Der von Bischof auf der Mägdesprunger Hütte angewendete Generator, welcher mit Torf gespeist wurde, bedurfte täglich meist nur einer Reinigung. 2) Enthält das Brennmaterial pulverförmige Theile, wie es bei nicht gesiebtem Kohlenklein stets der Fall ist, so ist es schwer zu verhindern, daß ein Theil dieses Staubes bis in den Gasleitungs-Kanal (*k*) und von hier in den Ofen geblasen wird, was, wenn man die Gase zu einem oxydirenden Schmelzen benutzt, von nicht geringem Nachtheile ist. Bei den Generatoren ohne Gebläse zeigt sich dieser Uebelstand in geringerem Grade, als bei denen mit Gebläse, weshalb man letztere auf einigen Hüttenwerken mit Sammlungsräumen für den fortgerissenen Staub in Verbindung gesetzt hat. Da es aber, wie wir später sehen werden, zweckmäßig ist, die Gase aus dem Generator auf möglichst kurzem Wege an den Ort der Verbrennung zu führen,

so ist jener verlängerte Weg nicht ohne Nachtheil. 3) Bedient man sich unverkohlter Brennmaterialien zur Gas-Erzeugung, so ist, wie oben erwähnt wurde, die Bildung von Theer- und Wasserdämpfen unvermeidlich. Die Theerdämpfe erhöhen den Wärme-Effekt der Gase, die Wasserdämpfe vermindern ihn. Die letzten ohne die ersten zu condensiren und nur diese an den Ort der Verbrennung gelangen zu lassen, ist nicht möglich; man läßt sie also beide in den Gasen, muß aber zu verhindern suchen, daß sie sich in dem Gasleitungs-Kanale theilweise in flüssiger Form ausscheiden, was leicht Störungen im Gange des Processes nach sich ziehen könnte. 4) Es muß große Sorgfalt darauf verwendet werden, daß sowohl die Wände des Generators als die des Gasleitungs-Kanales einen vollkommen dichten Verschluß bilden. Finden unverbrannte Gase hier an irgend einer Stelle einen Ausweg in den Hüttenraum, so wird die damit geschwängerte Luft den Arbeitern sehr gefährlich. Nach Leblanc's Untersuchungen ist es das Kohlenoxydgas, welches bei der Einathmung jene gefährlichen Wirkungen auf den menschlichen Organismus ausübt, die man sonst gewöhnlich dem sogenannten »Kohlendampf« zuzuschreiben pflegte. 5) Auf mehreren Hüttenwerken hat man mit Explosionen im Generator zu kämpfen gehabt, welche zuweilen so heftig waren, daß das Leben der Arbeiter dabei gefährdet wurde. Die Ursache dieser Explosionen kann wohl kaum eine andere seyn, als daß sich explodible Gasgemenge bilden. An irgend einer Stelle des Generators muß sich daher Gelegenheit finden, daß sich atmosphärische Luft und brennbare Gase mit einander mengen können, ohne sogleich zur Verbrennung zu gelangen. Die hierzu erforderlichen Bedingungen kann man sich auf folgende Weise erfüllt denken. Wir wollen annehmen, im unteren Theile des Generators sey eine theilweise Verstopfung eingetreten, welche entweder von angehäufter Asche oder von zu dicht liegendem (zum Theil staubförmigem) Brennmaterial herrühren kann. Hierdurch wird die Luft gehindert, den Schacht in normaler Schnelligkeit und Menge zu durchströmen; der Verbrennungs-Proceß wird also mehr oder weniger gehemmt und der obere Schachtraum in Folge davon abgekühlt. Endlich gelingt es aber der Luft sich einen bequemeren Weg, gewissermaßen einen Kanal, nach oben zu bahnen; da sie diesen mit Heftigkeit verfolgt, so gelangt sie auf demselben nicht zur vollständigen Verbrennung, sondern dringt, noch unverzehrten Sauerstoff bei sich führend, in den Gas-Ansammlungsraum, woselbst sie sich mit den nur wenig erhitzten Gasen mengt. Das gebildete Gasgemenge wird jedoch nicht sogleich ein explodibles, sondern erlangt diese Eigenschaft erst, wenn sein Sauerstoffgehalt eine gewisse Grenze überschritten hat. Verbessert sich der Gang des Processes nicht, so wird diese Grenze nach und nach erreicht; das explodible Gas gelangt an den Ort der Verbrennung, entzündet sich hier, und die Explosion verpflanzt sich bis in das Innere des

Generators. Dieselbe Veranlassung zu Explosionen, wie sie im oberen Schachtraume stattfindet, kann auch im unteren eintreten. Dies wird geschehen, wenn sich hier zusammengesinterte Aschenmassen angehäuft haben, zwischen denen sich, da die Gebläseluft ganz in ihrer Nähe einströmt, ebenfalls solche explodible Gasgemenge bilden können. Die Explosionen in den Generatoren dürften sonach eine ganz ähnliche Ursache haben, wie das Schlagen oder Werfen der Meiler. Aus der dafür gegebenen Erklärung ergeben sich die Vorschriften zu ihrer Verhütung. Es ist klar, daß man bei einem regelmäßig aufsteigenden und gleichmäßig vertheilten Luftzuge durchaus keine Explosionen zu befürchten hat. Bei Anwendung nicht zu kleiner Holzkohlen werden sie im Bischof'schen Generator schwerlich jemals eintreten; in den Generatoren mit Gebläse können sie dagegen, durch Anhäufung zusammengesinterter Asche, bei allen Brennmaterialien vorkommen. Kohlenklein, von welchem die Lösche nicht abgesiebt wurde, so wie unverkohlte und aschenreiche Brennmaterialien veranlassen ihre Entstehung am leichtesten. Ein Mittel zur gleichmäßigeren Vertheilung des Luftstromes in den Gebläse-Generatoren — also zur Verhütung von häufigen Explosionen — besteht darin, den Wind, wie in einem Sefström'schen Ofen (s. S. 114), durch eine größere Anzahl im Kreise liegender und in einiger Entfernung über der Ofensohle angebrachter Oeffnungen in den Schacht einströmen zu lassen. Dieses Mittels hat sich v Scheuchenstuel auf der Stephanshütte in Steyermark bedient, woselbst man Braunkohlenklein zur Gas-Erzeugung anwendete. Man läßt die Luft hier durch 12 Oeffnungen einströmen und entwickelt die Gase in 3 neben einander liegenden kleinen Generatoren, von denen stets 2 zu gleicher Zeit im Gange sind. Bei etwa entstehenden Unordnungen in dem einen Generator kann dieser abgestellt und der dritte (Reserve-) Generator sogleich an dessen Stelle in Betrieb gesetzt werden. Durch diese gleichzeitige Entwicklung der Gase in zwei Generatoren von geringeren Dimensionen anstatt in einem größeren wird die Gefahr bei vielleicht doch nicht ganz vorzubeugenden Explosionen wenigstens vermindert. Daß ein die Asche verschlackender Zuschlag in dieser Hinsicht ebenfalls günstig wirken muß, erhellt aus dem bereits Angeführten. Gänzlich wird man die Explosionen wohl schwerlich je vermeiden können, sobald man sich der vorhin genannten, dieselben besonders begünstigenden Brennmaterialien bedient. Es ist daher gut, auf die Gefahr vorbereitet zu seyn. Zu diesem Zwecke, wie auch zur vollkommnen Dichthaltung der Generatoren, ist es anzurathen, die Generator-Wände mit einem eisernen Mantel zu versehen und zugleich ein Sicherheits-Ventil anzubringen, — wie bereits auf einigen Hüttenwerken geschehen ist. — Die auf der Stephanshütte über die Erzeugung und Verwendung gasförmiger Brennmaterialien angestellten Versuche sind von Debette, nach Tan-

ner's Mittheilungen, in den Ann. des mines, 4ième sér., t. 5, p. 524 beschrieben worden. In demselben Bande dieser Annalen (p. 505) hat der genannte Verfasser eine Beschreibung der ebenfalls höchst instruktiven Versuche mitgetheilt, welche unter der Leitung von Eck auf der Königshütte in Ober-Schlesien über diesen Gegenstand vorgenommen sind. —

XI. Von der Benutzung der Brennmaterial-Abfälle und verschiedener anderer brennbarer Substanzen zur Feuerung.

Es ist eine für die Oekonomie des Hütten-Haushaltes im hohen Grade wichtige Aufgabe, die zur Disposition stehenden Brennmaterialien bei den metallurgischen Processen so vollständig wie möglich zu benutzen. Gleichwohl aber führt es die Erreichung der Zwecke bei den mehrsten dieser Processe mit sich, nur Brennmaterialien von ausgesuchter Qualität anzuwenden. Vom Holze bedient sich der Metallurg daher vorzugsweise nur des in Kloben und Scheite zertheilten Baumstammes, der dickeren Aeste und des Wurzelstockes (diesen besonders zur Verkohlung), von den Holzkohlen, Steinkohlen, Kohks u. s. w. wendet er selten Stücke unter einer gewissen Größe an. Brennmaterial-Abfälle wie Reisig, Späne, Torfgrus, Lösche von Holzkohlen, Steinkohlen, Kohks u. s. w. spielen dagegen nur eine sehr untergeordnete Rolle bei den Hüttenfeuern. Ihrer unmittelbaren Anwendung stellen sich mehrfache Schwierigkeiten entgegen, welche bei allen pulverförmigen oder doch aus kleinen Stücken bestehenden Brennmaterialien einerseits darin begründet sind, daß dieselben durch ihr dichtes Aufeinanderliegen dem zu ihrer Verbrennung nothwendigen Luftstrome Hindernisse in den Weg setzen, anderentheils aber darin, daß sie — in den Flammöfen — theilweise durch den Rost und — in den Schachtöfen — durch die Beschickung fallen.

Schwierigk. bei d. pulverf. Brennmat.

In der Anwendung der gasförmigen Brennmaterialien scheint sich nun zwar ein Mittel zu bieten, alle jene Abfälle auf eine vortheilhafte Weise zu verwenden, allein man ist, wie wir bereits gesehen haben, mit der Construktion der Gas-Generatoren leider noch nicht so weit gediehen, daß man in diesen Apparaten Brennmaterial-Abfälle jeder Art in brennbare Gase umwandeln kann. Gerade die größte Quantität dieser Abfälle, nämlich die pulverförmigen, hat bis jetzt sehr wenig zur Darstellung von Generator-Gasen benutzt werden können. Wollte man einen Generator, welcher solchenfalls nothwendigerweise mit einem Gebläse versehen seyn müßte, z. B. ganz mit Sägespänen oder Kohlenlösche anfüllen, so würde nicht allein ein großer Theil davon in den Ofen geblasen werden, wo die Gase zur Verbrennung gelangen, sondern der Luftstrom würde die Masse sehr ungleich vertheilt

Anwend. der Abfälle zu Generator-Gasen.

durchdringen, es würden örtliche Verstopfungen und in Folge davon Explosionen entstehen. Selbst wenn man ein Gemenge aus größeren Brennmaterial-Stücken und pulverförmigen Abfällen anwendet, ist man, wie die Erfahrung gelehrt hat, diesen Uebelständen mehr oder weniger ausgesetzt.

Einstweilen kann daher die oben gedachte wichtige Aufgabe noch keineswegs als vollkommen gelöst betrachtet werden. Was in dieser Hinsicht bereits geschah, beschränkt sich meist auf die Anwendung der Brennmaterial-Abfälle und einiger anderer brennbarer Substanzen bei weniger wichtigen metallurgischen Processen, welche keinen bedeutenden Hitzgrad erfordern. In dem Folgenden ist einiges Nähere hierüber zusammengestellt.

Zweig- und Buschholz.

Die nicht allzu dünnen Zweige (Reiser) und das stärkere Buschholz (Heckholz, Hecke) macht man an vielen Orten auf die Weise zur Feuerung anwendbarer, daß man sie mittelst Weidenruthen zu Bündeln, sogenannten Wellen, möglichst dicht zusammenbindet. Im Mansfeldischen pflegt eine solche Welle etwa 8 — 12 Reiser zu enthalten, und man bedient sich des Wellholzes in dortiger Gegend besonders zum Rösten der Kupferschiefer. In sehr waldarmen Gegenden ist man zuweilen genöthigt, sich der Buschholz-Bündel zur Flammofen-Feuerung zu bedienen. Geeigneter als hierzu ist es zur Kessel- und Pfannen-Heizung. — Je dichter die Wellen zusammengeschnürt sind, desto größer wird ihr specifischer Wärme-Effekt; den des Scheitholzes kann derselbe aber natürlich nie erreichen. Zur Flammofen-Feuerung ist das Wellholz, mit Ausnahme des aus sehr festem harzreichen Holze bestehenden, ein schlechtes Material, da es schnell verbrennt und aus diesem Grunde, wenn ein höherer Hitzgrad erreicht werden soll, ein sehr oft wiederholtes Schüren nothwendig macht. — Das zu kurzen Stücken zertheilte Zweig- und Buschholz läßt sich, besonders mit Stücken anderer Brennmaterialien gemengt, zur Darstellung von Generator-Gasen anwenden.

Rinde.

Die Rinde des Eichenholzes, welche bereits zum Gerben gedient hat, die Lohe, wird, nachdem sie zu sogenannten Lohkuchen zusammengepreßt worden ist, in dieser Gestalt mitunter zur Kessel- und Pfannen-Feuerung gebraucht. Zur Erreichung höherer Hitzgrade sind die Lohkuchen nicht anwendbar. Brauchbarer hierzu werden sie, wenn man den Lohebrei vor dem Pressen mit Sägespänen, Torfgrus u. s. w. mengt.

Tannenzapfen.

Die Tannenzapfen wendet man in einigen Gegenden, wo sie billig und in Menge zu erhalten sind, zum Erzrösten an, indem man theils eine Schicht derselben auf das aus anderem Brennmateriale bestehende Roststbette legt, theils sie zwischen den Erzstücken ausstreut.

Sämmtliche pulverförmige Brennmaterial-Abfälle, wie Sägespäne, Torfgrus, Lösche u. s. w. hat man mehrfach zur Herstellung größerer fester Brennmaterial-Stücke (Brennziegel u. s. w.) zu benutzen

gesucht, indem man ihnen theils durch einen bindenden Stoff, theils durch Pressen den erforderlichen Zusammenhalt gegeben hat. Für metallurgische Zwecke kommen diese componirten Brennmaterialien, sowohl wegen der erforderlichen Darstellungskosten als auch zum Theil wegen der Kostbarkeit des Bindemittels, gewöhnlich zu hoch zu stehen. Es gehören unter anderen folgende Compositionen hierher.

Carboleïn. Carboleïn hat Weschniakoff, der Erfinder dieser Composition, ein aus Steinkohlenklein und thierischem Fett dargestelltes Brennmaterial genannt. Kaiser (Kunst- und Gewerbeblatt des polytechnischen Vereins für Bayern, Nov. u. Dec. 1841) hat dasselbe analysirt und gefunden, daß es aus 92 Proc. (ungefähr 8 Proc. Asche haltender) Steinkohle und 8 Proc. Fett besteht. Das innige Gemenge beider Substanzen — natürlich nicht in dem angegebenen Verhältnisse, sondern mit einem Ueberschuß an Fett — wird, auf ähnliche Weise wie Leinsamen zur Oelbereitung, zwischen groben härenen Tüchern gepreßt, wodurch ein Theil des Fettes ausfließt und eine Masse von sehr festem Zusammenhang zurückbleibt. Kaiser hat nach der Berthier'schen Methode den absoluten Wärme-Effekt des Carboleïn untersucht und dabei gefunden, daß sich derselbe zu dem einer guten englischen Steinkohle wie 100 : 128 verhält. Dies dürfte aber wohl nur beweisen, daß die zur Darstellung des Carboleïn verwendete Steinkohle eine schlechtere als jene englische war; hätte erstere dieselbe Qualität besessen wie letztere, so würde sich jenes Verhältniß aller Wahrscheinlichkeit nach zu Gunsten des Carboleïn herausgestellt haben. Es wurde nämlich oben, S. 139, angeführt, daß der absolute Wärme-Effekt des Baumöls, Rapsöls, Wachses u. s. w. = 115 — 122, und daß der guter Steinkohlen = 78 — 94 durch Versuche ermittelt worden ist. Da es nun mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, daß thierische Fettarten einen ähnlichen absoluten Wärme-Effekt wie Baumöl u. s. w., also einen höheren als Steinkohle besitzen, so ist klar, daß auch der absolute Wärme-Effekt des Carboleïn größer seyn muß, als der der Steinkohle, vorausgesetzt, daß man jenen Effekt desselben mit dem der nämlichen Steinkohle vergleicht, welche zu seiner Darstellung angewendet wurde. Angenommen, man habe aus einer Steinkohle, deren absoluter Wärme-Effekt = 90, und aus einem thierischen Fette, dessen absoluter Wärme-Effekt = 120, Carboleïn von der oben angeführten Zusammensetzung dargestellt, so würde dessen absoluter Wärme-Effekt

$$= \frac{92 \times 90 + 8 \times 120}{100} = 92{,}4$$

zu setzen seyn. Anders verhält es sich aber mit den specifischen Wärme-Effekten beider Stoffe. Kaiser fand nämlich das spec. Gew. des Carboleïn = 1,25, während das einer 8 Proc. Asche haltenden Steinkohle wohl kaum unter 1,30 anzusetzen seyn dürfte. Es verhält sich also hiernach der

spec. Wärme-Effekt des Carboleïn zu dem der Steinkohle wie $1{,}25 \times 92{,}4 : 1{,}30 \times 90{,}0 = 115{,}5 : 117$. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß das Carboleïn, wegen der regelmäßigen Gestalt seiner gepreßten Stücke, in einen verhältnißmäßig kleineren Raum gebracht werden kann, als die Steinkohle. Auch würde es sowohl den absoluten, als den specifischen Wärme-Effekt des Carboleïn erhöhen, daß ein Gemenge von Steinkohle und Fett leichter und vollständiger verbrennt, als bloße Steinkohle. Durch eine Beimengung von Holzkohlenlösche würde der absolute Wärme-Effekt des Carboleïn vielleicht gesteigert. — Daß das Carboleïn, trotz dieser auf seinem Wärme-Effekt beruhenden günstigen Umstände, dennoch bisher nur versuchsweise angewendet worden ist, rührt daher, daß seine Darstellung, sowohl in Bezug auf Arbeitslöhne als auch in Bezug auf die Kosten des dazu erforderlichen Fettes — wenigstens in den meisten Gegenden — zu hoch zu stehen kommt. Immer aber verdient die Erfindung Weschniakoff's Aufmerksamkeit, da es keinesweges unmöglich erscheint, daß sie unter gewissen Umständen mit Vortheil angewendet werden kann.

Carboleïnähnliche Stoffe.

Carboleïnähnliche Gemenge sind nach der Bekanntwerdung des Carboleïn und zum Theil auch bereits früher vielfach dargestellt und versuchsweise in Anwendung gebracht worden. Die bisher dazu verwendeten Materialien bestehen hauptsächlich in Sägespänen, Steinkohlen- und Braunkohlenklein, Torfabfällen und Holzkohlenlösche. Als Bindemittel hat man Theer, thierischen Leim oder Thon angewendet und den Zusammenhalt des zu ziegelförmigen Stücken geformten Gemenges durch Pressen zu erhöhen gesucht. Auch verschiedene Oel- und Fett-Abfälle sind in einige dieser componirten Brennstoffe eingemengt worden. — An einigen Orten Norwegens hat man versuchsweise die bei den vielen Sägemühlen in großer Menge abfallenden Sägespäne als Brennmaterial — besonders zu Kesselfeuerungen in Branntwein-Brennereien — angewendet, indem man 18 — 24 Volumtheile derselben mit 6 Volumtheilen Thon und 1/8 Volthl. Theer verknetete und daraus Ziegel formte. Die Sägespäne hat man theilweise auch durch Holzkohlenlösche ersetzt, so wie Einmengungen von Kalk — z. B. 3 Kalk zu 18 Sägespäne, 6 Thon und 1/8 Theer — angewendet. Letzteres geschah natürlich nicht in der Absicht, den Wärme-Effekt des Brennmaterials zu erhöhen, sondern um eine zum Düngen noch vortheilhaftere Asche zu erhalten. Man sollte jedoch meinen, daß durch das Verbrennen solcher Brennziegel eine Art hydraulischen Mörtels gebildet werden müßte, was die gedachte Anwendung der Asche anscheinend nicht begünstigen kann. — Nach Weinert (Gewerbeblatt für Sachsen, Jahrgang VII. Nr. 11.) läßt sich aus Steinkohlenklein dadurch ein sehr gutes flammegebendes Brennmaterial darstellen, daß man dasselbe mit fettem Streichtorf einsumpft, durchknetet, zu Ziegeln streicht und diese preßt und trocknet.

Steinkohlenklein.

Kohlenstaub.

Eine unmittelbare Anwendung des **Kohlenstaubes** als Brennmaterial hat man, angeblich mit sehr gutem Erfolge, auf der Eisenhütte von Bologne le Haut (Haute Marne) gemacht, indem man eine gewisse Quantität desselben mit dem Winde durch die Form in den Hohofen blasen ließ. (Bergwerksfreund Bd. 10, S. 335 und Ann. des mines, 3. série, 1845.)

Torf-Präparat.

Endlich ist hier noch eines **Torf-Präparates** zu gedenken, auf welches sich **Swozil** vor einigen Jahren ein 3jähriges Patent für die österreichischen Staaten ertheilen ließ, und über dessen Anfertigung auch in anderen Ländern Versuche vorgenommen worden sind. Dasselbe soll, dem Vernehmen nach, dadurch aus jedem Torfe, besonders aus dem mulmigen, angefertigt werden können, daß man denselben mit gewissen organischen Flüssigkeiten mengt, wodurch er in faulige Gährung übergeht und nach Verlauf einer längeren Zeit in eine harte, steinkohlenartige Masse umgewandelt wird. Diese soll eine ausgezeichnete Brennbarkeit und einen hohen Wärme-Effekt besitzen. Wenn auch bei dieser Bereitungsart ein Theil des Kohlenstoffs (als Kohlensäure) und wahrscheinlich auch des Wasserstoffs aus dem Torfe entführt wird, so dürfte dies kaum die Anwendbarkeit dieses Verfahrens beeinträchtigen; größere Uebelstände sollen aber in der billigen Erlangung der erforderlichen Menge jener organischen Flüssigkeiten, so wie in der Entwicklung sehr übel riechender Gasarten bei der Gährung liegen.

XII. Von den unter gewöhnlichen Umständen in der Praxis erreichbaren Wärme-Effekten der Brennmaterialien.

In den vorhergehenden Abtheilungen dieses Abschnittes ist sowohl diejenige **Wärme-Menge** annähernd berechnet worden, welche ein gewisses Gewichts-Quantum (Absoluter W.-E.), als auch die, welche ein gewisses Volumen (Specifischer W.-E.) jedes der betreffenden Brennmaterialien bei seiner Verbrennung entwickelt, und auf gleichem Wege wurde der bei einer solchen Verbrennung entstehende **Wärme-Grad** (Pyrometrischer W.-E.) zu bestimmen gesucht. Diese Berechnungen hätten, um vollkommne Schärfe zu besitzen, noch mehrfacher Correktionen bedurft, welche aber unberücksichtigt blieben, theils weil wir nicht alle hierzu nöthigen Daten besitzen, theils aber auch, weil die Rechnung dadurch an Einfachheit verloren hätte, ohne gleichwohl zu einem ganz genauen Resultate führen zu können. Der Zweck jener Berechnungen, ein approximatives Bild von den relativen Werthen der Wärme-Effekte verschiedener Brennmaterialien zu geben, wurde genügend erreicht. In specieller Hinsicht auf die **Anwendung der Brennma-**

terialien bei den metallurgischen Processen giebt es aber hierbei noch Folgendes zu beachten.

Correktion des absoluten W.-Eff.

Der absolute Wärme-Effekt eines Brennmaterials wird durch diejenige Gewichtsmenge Wasser ausgedrückt, deren Temperatur durch die bei der Verbrennung von 1 Gwthl. jenes Brennmaterials entwickelte Wärme um 1° C. erhöht werden kann. Bei den metallurgischen Operationen gebraucht man aber die Brennmaterialien nur in den seltensten Fällen, um wässerige Solutionen zu erhitzen, sondern in der Regel zur Erreichung bedeutend höherer Hitzgrade, welches folgenden wesentlichen Unterschied mit sich führt. Erhitzt man mittelst der gasförmigen Verbrennungs-Produkte irgend eines Brennmaterials, z. B. lufttrocknen Holzes, Wasser oder eine andere Flüssigkeit, um die Temperatur derselben einige Grade — aber nicht bis auf 100° C. — zu erhöhen, und sorgt man, auf ähnliche Weise wie in dem Rumford'schen Apparat, für eine möglichst vollständige Benutzung der entwickelten Wärme, so werden die Verbrennungs-Produkte (Kohlensäure und Wasser) annähernd bis zu dem Grade abgekühlt entweichen, bis zu welchem sie die betreffende Flüssigkeit erhitzten. Da nun dieser Wärmegrad, der Voraussetzung gemäß, unter 100° C. liegt, so wird sich sämmtlicher durch die Verbrennung gebildete Wasserdampf zu tropfbar flüssigem Wasser condensiren. Dies ist der Fall, wenn man in dem Rumford'schen Apparate den absoluten Wärme-Effekt irgend eines wasserhaltigen oder doch bei seiner Verbrennung Wasserdämpfe entwickelnden Brennmaterials bestimmt. Werden dagegen, wie es bei den metallurgischen Processen in der Regel vorkommt, die heißen Verbrennungs-Produkte zu einer weit über 100° C. hinausgehenden Erhitzung angewendet, so ist klar, daß jener Wasserdampf an der Oberfläche oder in der Nähe des zu erhitzenden Körpers nicht zur Condensation gelangen kann. Nun enthält aber der Wasserdampf eine nicht unbeträchtliche Menge Wärme im latenten (gebundenen) Zustande, welche erst fühlbar oder mittheilbar wird, sobald sich der Dampf tropfbar flüssig niederschlägt, welche also bei einer Erhitzung der gedachten Art nicht zur Benutzung gelangt. Hieraus folgt, daß — für den betreffenden, bei den metallurgischen Processen am häufigsten vorkommenden Fall — die früher angegebenen absoluten Wärme-Effekte um so viel zu hoch sind, als die latente Wärme derjenigen Mengen Wasserdampfes beträgt, welche sich bei ihrer Verbrennung entwickeln.

Correktion des specifischen W.-Eff.

Der specifische Wärme-Effekt erfordert, wie leicht einzusehen, eine ganz analoge Correktion.

Correktion des pyrom. W.-Eff.

Bei der Berechnung des pyrometrischen Wärme-Effektes der verschiedenen Brennmaterialien wurde die latente Wärme des Wasserdampfes ebenfalls nicht in Rechnung gebracht; es wurde jedoch — beim Holze — erwähnt, daß dies in der Absicht geschähe, um dadurch einigermaßen

einen Fehler zu compensiren. Bei jener Berechnung gestatteten wir uns nämlich die Annahme, daß sämmtlicher bei der Verbrennung entwickelte Wasserdampf die Verbrennungs-Temperatur erreiche, während doch ein nicht unbedeutender Theil desselben in weit weniger erhitztem Zustande entweicht. Allein letzteres findet, wie man sich leicht überzeugt, nur unter gewissen Umständen statt (s. S. 169). Wird die Verbrennung größerer Holzmassen — durch periodisches Ergänzen der verbrannten Quantitäten — während längerer Zeiträume unterhalten und werden sämmtliche Verbrennungs-Produkte zur Erhitzung eines abgeschlossenen Raumes benutzt, wie dies z. B. in einem Flammofen geschieht, so erfolgt eine mehr oder weniger vollkommne Mengung aller gebildeten Gase und Dämpfe, und die Verbrennungs-Temperatur kann daher annähernd als eine mittlere betrachtet werden. Für einen solchen Fall ist folglich die Correktion in Betreff der latenten Wärme des Wasserdampfes nicht zu vernachlässigen.

Diese Correktionen für die drei Arten der Wärme-Effekte werden auf folgende Art in Ausführung gebracht. Da es durch Versuche ermittelt ist, daß die zur Verdampfung eines Gewichtstheiles 100° C. heißen Wassers erforderliche Wärmemenge annähernd $5^1/_2$ mal so groß ist, als diejenige Wärmemenge, welche erfordert wird, um 1 Gwthl. Wasser von 0° bis auf 100° C. zu erhitzen, so braucht man folglich zur Bestimmung des corrigirten absoluten Wärme-Effektes eines Brennmaterials, nur die ganze Quantität des in ihm vorhandenen — sowohl chemisch gebundenen als hygroskopischen — und durch die Verbrennung gebildeten Wassers mit $5^1/_2 \times 100 = 550$ zu multipliciren und das erhaltene Produkt von dem früher bestimmten absoluten Wärme-Effekt zu subtrahiren. Nennt man letzteren A, den corrigirten Effekt α und jene Gesammtwassermenge w, so hat man:

$$\alpha = A - 550 \,.\, w \qquad (9)$$

Bezeichnet man ferner mit σ den corrigirten und mit S den früher berechneten specifischen Wärme-Effekt, so wie mit π den corrigirten und mit P den früher berechneten pyrometrischen Wärme-Effekt, so ergeben sich durch eine einfache Betrachtung folgende Proportionen:

$$S : \sigma = A : \alpha$$
$$P : \pi = A : \alpha$$

woraus folgt:

$$\sigma = \frac{\alpha}{A} S \qquad (10)$$

$$\pi = \frac{\alpha}{A} P \qquad (11)$$

Nach diesen Formeln sind in der folgenden tabellarischen Zusammenstellung die Wärme-Effekte sämmtlicher hier in näherer Betrachtung stehen-

der Brennmaterialien, welche entweder Wasser enthalten oder bei ihrer Verbrennung Wasser bilden, corrigirt worden.

Bei den absoluten Wärme-Effekten ist der absolute W.-E. des Kohlenstoffs = 1 angenommen. Die Zahlen für die specifischen Wärme-Effekte sind Produkte aus den absoluten Wärme-Effekten und den betreffenden specifischen Gewichten. Die pyrometrischen Wärme-Effekte sind in °C. angegeben. Ueberall, wo man für einen Wärme-Effekt zwei Zahlen aufgeführt findet, ist die obere mit Annahme des Welter'schen Gesetzes, die untere mit Zugrundelegung der Dulong'schen Versuche in Bezug auf den absoluten Wärme-Effekt des Wasserstoffs, so wie — bei den gasförmigen Brennmaterialien — auf den des Kohlenoxyds, Kohlenwasserstoffs und ölbildenden Gases berechnet worden. Welche von diesen zwei Zahlen als die richtigere zu betrachten sey, darüber ist in dem zu Tab. XVI. gehörigen Anhang 6., so wie in dem folgenden Capitel XIII. (die neuesten Bestimmungen der Wärme-Effekte des Wasserstoffs, Kohlenstoffs und einiger anderen brennbaren Körper) das Nähere nachzusehen.

Tab. XV.

	Wärme-Effekt		
	absoluter	specifischer	pyrometrischer
1) Holz.			
Lufttrocknes Holz (mit 20 Proc. hygr. Feucht.)	0,36	—	1575
Halb gedarrtes H. (» 10 » » »)	0,41	—	1675
Gedarrtes Holz (frei von » »)	0,47	—	1750
Weißbuche *)	—	0,28	—
Steineiche	—	0,26	—
Stieleiche	—	0,25	—
Esche	—	0,24	—
Ahorn, Birke, Vogelbeere	—	0,23	—
Rothbuche, Roßkastanie, Ulme, Mehlbeere .	—	0,21	—
Kiefer, Erle	—	0,20	—
Saalweide	—	0,19	—
Baumweide	—	0,18	—
Edeltanne, Fichte, Lärche	—	0,17	—
Linde, Zitterpappel	—	0,16	—
Schwarzpappel, Italiänische Pappel	—	0,14	—

*) Die specifischen Wärme-Effekte aller dieser Hölzer beziehen sich auf den lufttrocknen Zustand derselben.

	Wärme-Effekt		
	absoluter	specifischer	pyrometrischer
2) Torf.			
Nicht völlig lufttrockner Torf (mit 30 Proc. hygr. Feucht. und 10 Proc. Asche) . . .	0,35 0,37	— —	1500 1575
Bester lufttrockner Torf (mit 25 Proc. hygr. Feucht. und ohne Asche)	0,45 0,47	— —	1675 1750
Gedarrter Torf (ohne hygr. Feucht. und mit 15 Proc. Asche)	0,53 0,55	— —	1875 1975
Bester gedarrter Torf (ohne hygr. Feucht. und ohne Asche)	0,62 0,65	— —	1950 2000
3) Braunkohle.			
Lufttrockne fasrige B. (20 Proc. hygr. F. und ohne Asche)	0,47 0,48	0,54 0,55	1750 1800
Dieselbe (20 Proc. hygr. F. u. 10 Proc. A.)	0,42 0,43	— —	— —
Lufttrockne erdige B. (20 Proc. hygr. F. und ohne Asche)	0,58 0,61	0,75 0,79	1875 1975
Dieselbe (20 Proc. hygr. F. u. 10 Proc. A.)	0,52 0,55	— —	— —
Lufttrockne muschlige B. (20 Proc. hygr. F. und ohne Asche)	0,65 0,69	0,78 0,83	1925 2050
Dieselbe (20 Proc. hygr. F. u. 10 Proc. A.)	0,58 0,62	— —	— —
Gedarrte fasrige B. (20 Proc. hygr. F. und ohne Asche)	0,60 0,61	— —	1975 2025
Dieselbe (20 Proc. hygr. F. u. 10 Proc. A.)	0,54 0,55	— —	— —
Gedarrte erdige B. (20 Proc. hygr. F. und ohne Asche)	0,73 0,76	— —	2025 2125
Dieselbe (20 Proc. hygr. F. u. 10 Proc. A.)	0,66 0,69	— —	— —

	Wärme-Effekt		
	absoluter	specifischer	pyrometrischer
Gedarrte muschlige Braunkohle (20 Proc. hygr. Feucht. und ohne Asche)	0,81 0,85	— —	2100 2200
Dieselbe (20 Proc. hygr. F. u. 10 Proc. A.)	0,73 0,76	— —	— —
4) Steinkohle.			
Sandkohle *)	0,75 0,79	1,00 1,06	2075 2200
Sinterkohle	0,83 0,89	1,08 1,16	2100 2250
Backkohle	0,87 0,93	1,10 1,17	2125 2300
Anthracit	0,92 0,96	1,38 1,44	2250 2350
5) Holzkohle.			
Lufttrockne Schwarzkohle (12 Proc. hygr. F. und 3 Proc. Asche)	0,97	—	2450
Völlig trockne Schwarzkohle (3 Proc. Asche)	0,84	—	2350
Lufttrockne Rothkohle (10 Proc. hygr. F. und $1\frac{1}{2}$ Proc. Asche)	0,72	—	2200
Völlig trockne Rothkohle	0,64	—	2100
Birkenkohle **)	—	0,20	—
Eschenkohle, Elsbeerkohle	—	0,19	—
Rothbuchenkohle, Weißbuchenkohle, Ulmenkohle	—	0,18	—
Rothtannenkohle	—	0,17	—
Ahornkohle	—	0,16	—
Eichenkohle, Birnbaumkohle	—	0,15	—
Erlenkohle	—	0,13	—
Lindenkohle	—	0,10	—
6) Torfkohle.			
Schlechteste lufttrockne Torfk. (10 Proc. hygr. F. und 56 Proc. Asche)	0,85	—	2050
Beste lufttrockne Torfk. (10 Proc. hygr. F. und 4 Proc. Asche)	0,33	—	2350

*) Diese und die folgenden Steinkohlensorten sind zu 5 Proc. Aschengehalt und 5 Proc. hygr. Feuchtigkeit angenommen.

**) Bei allen diesen Holzkohlenarten, von denen der specif. Wärme-Effekt angegeben ist, wurden 3 Proc. Asche und keine hygr. Feucht. angenommen.

	Wärme-Effekt		
	absoluter	specifischer	pyrometrischer
7) Kohk.			
Guter Kohk (10 Proc. hygr. F. und 5 Pr. A.)	0,84	—	2350
Vorzügl. K. (5 » » » » 3 » »)	0,92	—	2400
Derselbe (ohne » » » 3 » »)	0,97	—	2450
Sandkohk*)	—	0,46	—
Sinterkohk	—	0,41	—
Backkohk	—	0,33	—
8) Gasförmige Brennmaterialien. (Gichtgase.)			
Holzkohlengas A	0,081 0,108	0,000105 0,000140	1250 1675
Holzkohlengas B	0,060 0,080	0,000078 0,000104	1075 1450
Kohksgas	0,077 0,107	0,000100 0,000139	1275 1750
Steinkohlengas	0,162 0,205	0,000211 0,000267	1475 1850
(Generator-Gase.)			
Holzkohlengas	0,079 0,115	0,000103 0,000150	1250 1775
Holzgas I.	0,095 0,136	0,000124 0,000177	1325 1850
Holzgas II.	0,084 0,124	0,000109 0,000161	1150 1575
Torfgas	0,063 0,092	0,000082 0,000120	1075 1525
Kohksgas	0,075 0,110	0,000098 0,000143	1250 1775

Um einen leichteren Ueberblick über die in dieser Tabelle aufgeführten numerischen Resultate zu erhalten, sind dieselben in der folgenden Tabelle XVI. zu einer kürzeren Zusammenstellung geordnet. Zugleich wurden die in Celsius'schen Thermometergraden ausgedrückten Schmelzpunkte einiger Metalle und Schlacken daneben angeführt, wodurch man ein besseres Anhalten zur Beurtheilung der pyrometrischen Effekte der verschiedenen Brenn-

*) Die Berechnung der specif. Wärme-Effekte der Sand-, Sinter- und Backkohk geschah unter der Voraussetzung, daß dieselben etwa 5 Proc. Asche und keine hygr. Feucht. enthalten.

materialien gewinnt. Die mit *(D)* bezeichneten Schmelzpunkte wurden nach Daniell's und die mit *(P)* bezeichneten nach Plattner's Bestimmungen angenommen. In Bezug auf die bei mehreren Brennmaterialien zweifach angeführten Wärme-Effekte gilt das hierüber bei der vorigen Tabelle Gesagte.

Tab. XVI.

	Wärme-Effekt		
	absoluter	specifischer	pyrometrischer (u. Schmelzpunkte)
Zinn, Wismuth, Blei, Zink und Antimon schmelzen	—	—	230-512° C.
Rothe Glätte schmilzt *(P)* . .	—	—	954° »
Rothstein, Bleistein und Kupferstein *(P)*	—	—	1000-1050° »
Silber *(D)*	—	—	1023° »
Schwarzkupfer *(P)*	—	—	1027° »
Gold *(D)*	—	—	1102° »
Kupfer *(P)*	—	—	1173° »
Bleischlacke u. Bleisteinschl. *(P)*	—	—	1315-1330° »
Rohschlacke *(P)*	—	—	1330-1360° »
Schwarzkupferschlacke *(P)* . . .	—	—	1345° »
Eisenhohofenschlacke *(P)*	—	—	1390-1430° »
Gasförmige Brennmaterialien	0,060—0,162	0,00008-0,00021	1075-1475° »
	0,080—0,205	0,00010-0,00027	1450-1850° »
Gußeisen	—	—	1500-1700° »
Holz	0,36—0,47	0,14-0,28	1575-1750° »
Torf	0,35—0,62	—	1500-1950° »
	0,37—0,65	—	1575-2000° »
Stahl	—	—	1700-1900° »
Braunkohle	0,42—0,81	—	1750-2100° »
	0,43—0,85	—	1800-2200° »
Dieselbe, ohne Asche . . .	—	0,54-0,78	—
	—	0,55-0,83	—
Stabeisen	—	—	1900-2100° »
Steinkohle (5 Pr. hygr. F. u. 5 Pr. A.)	0,75—0,92	1,00-1,38	2075-2250° »
	0,79—0,96	1,06-1,44	2200-2350° »
Torfkohle	0,33—0,85	—	2050-2350° »
Holzkohle	0,64—0,97	0,10-0,20	2100-2450° »
Kohk (nicht über 5 Pr. A.) . .	0,84—0,97	0,33-0,46	2350-2450° »
Platin *(P)*	—	—	2534° »

Zum richtigen Verständniß dieser und der vorigen Tabelle ist es nicht allein nothwendig, daß man die in den vorhergehenden Abtheilungen dieses Abschnittes über die betreffenden speciellen Fälle gegebenen Erläuterungen berücksichtige, sondern es sind hierbei auch noch folgende Punkte zu beachten.

Zu beachtende Punkte bei der Tab. XV. u. XVI.

1. Die sämmtlichen aufgeführten Wärme-Effekte — sowohl die absoluten als die specifischen und pyrometrischen — sind insofern als Maxima anzusehen, als dabei vorausgesetzt wird, daß die betreffenden Brennmaterialien vollständig — die nicht flammbaren zu Kohlensäure und die flammbaren zu Kohlensäure und Wasser — verbrennen und daß keine äußeren Umstände deprimirend auf diese Effekte wirken. Daß bei der Verbrennung von Brennmaterialien in einem Ofen, wenn man nicht besondere Vorkehrungen trifft, der wirklich erreichte Effekt stets mehr oder weniger hinter dem theoretischen zurückbleiben muß, bedarf kaum der Erinnerung.

Vollständige Verbrennung.

2. In einer anderen Beziehung sind die meisten der gedachten Effekte als **mittlere** zu betrachten. Alle Brennmaterialien nämlich, mit Ausnahme der vollkommen verkohlten und trocknen, entwickeln während der Zeit ihrer Verbrennung ungleichmäßig vertheilte Wärmemengen und Wärmegrade, zu Anfang ihrer Verbrennung geringere als gegen das Ende derselben. Der Grund hiervon liegt darin, daß die flammbaren und hygroskopische Feuchtigkeit haltenden Brennmaterialien in den ersten Perioden ihrer Verbrennung brennbare Gase und Wasserdämpfe erzeugen, sich hierdurch verkohlen und zuletzt als verkohlte und trockne Brennmaterialien verbrennen. So giebt z. B. das Holz, so lange es noch mit Flamme brennt, wasserstoffhaltige Gase und Wasserdämpfe entwickelt, nur etwa die Wärme-Effekte des Holzgases (s. Tab. XV., gasf. Brennmat.), welche Effekte sich, bei eintretender Verkohlung desselben, nach und nach bis zu denen der trocknen Kohle steigern (s. dieselbe Tab.). Die in den Tabellen XV. und XVI. angeführten Effekte würden eintreten, wenn die betreffenden Brennmaterialien gleichmäßig oder in einem Moment verbrennten. In solcher Beziehung sind dieselben also als mittlere anzusehen. — Aus dem Gesagten wird es erklärlich, wie es bei Anwendung gewisser Vorkehrungen möglich sei, z. B. strengflüssiges Gußeisen durch die Flamme des Holzes zu schmelzen. Selbst das völlig gedarrte Holz giebt, nach Tab. XV., nur einen Hitzgrad von 1750° C., welcher für die Praxis — indem man die wärmeableitende Wirkung der Ofenwände und ähnliche deprimirende Einflüsse veranschlagt — wohl kaum höher als 1600 — 1650° geschätzt werden kann. Ein Gußeisen, dessen Schmelzpunkt bei 1700° C. liegt, würde hiernach also durch Holz nicht zur Schmelzung zu bringen seyn. Die Erfahrung zeigt aber, daß alles Gußeisen durch Holz in einem Flammofen geschmolzen werden kann, und eine nähere Betrachtung vermag dies leicht zu erklären. Sobald nämlich die ersten Stadien der Verbrennung des im Feuerungsraum befindlichen Holzes

Gleichzeitige Verbr. aller Bestandtheile.

vorüber sind, muß dasselbe nothwendigerweise Hitzgrade entwickeln, welche eigentlich der Rothkohle (2100 — 2200° C.), ja sogar der Schwarzkohle (2450° C.) zukommen. Jeder neu eingelegte Holzscheit erniedrigt zwar anfänglich diese Temperatur etwas, wird aber, wenn der Flammofen längere Zeit geheizt ist und dadurch eine hohe Temperatur erlangt hat, sehr bald getrocknet, gedarrt und der völligen Verkohlung nahe gebracht. Der größtmögliche Hitzgrad tritt ein, wenn man das Schüren (Eintragen des Brennmaterials) eine Zeit lang einstellt, während der Feuerungsraum zuvor gut gefüllt wurde. — Auf den ersten Blick kann es scheinen, daß die gasförmigen Brennmaterialien ganz constante Wärme-Effekte geben müssen, was jedoch nur bei den aus vollkommen verkohlten und trocknen Brennmaterialien entwickelten der Fall ist; denn die aus Holz, Torf u. s. w. dargestellten sind begreiflicherweise ganz ähnlichen Schwankungen in ihren Effekten unterworfen, wie jene festen Brennmaterialien selbst, weil letztere in den Generatoren dieselben Veränderungen wie in den Feuerungsräumen der Flammöfen erleiden. Die größere Capacität der Generatoren trägt jedoch dazu bei, diese Schwankungen zu verringern. Am geringsten sind dieselben bei den Gichtgasen.

Aschenreiche Brennmater.

3. Die aschenreichen Brennmaterialien bleiben in der Praxis hinsichtlich ihrer Wärme-Effekte noch mehr hinter der Theorie zurück, als aschenarme Brennmaterialien unter sonst gleichen Umständen, was in den angehäuften Aschenmengen — welche den zu einer lebhaften Verbrennung erforderlichen Luftzug beeinträchtigen — seine Erklärung findet.

Rußende Brennmater.

4. Auch bei sehr zur Rußbildung geneigten Brennmaterialien, wie harzreiches Holz, fette Steinkohlen (Backkohlen) u. s. w. lassen sich, aus nahe liegenden Gründen, jene Effekte schwieriger erreichen als bei anderen Brennmaterialien.

Gasförmige Brennmater.

5. Es ist nicht in Betracht gezogen worden, daß die gasförmigen Brennmaterialien, außer Stickstoff, Kohlensäure und den betreffenden brennbaren Gasen auch noch mehr oder weniger beträchtliche Mengen Wasserdampf enthalten, wodurch ihre wirklichen Wärme-Effekte geringer ausfallen müssen als die berechneten. Bei den aus verkohlten Brennmaterialien (Holzkohle, Kohk u. s. w.) entwickelten Gasen ist dies von geringer Bedeutung, von größerer dagegen bei den aus Holz, Steinkohle u. s. w. erzeugten. Auf der anderen Seite aber werden ihre Effekte in der Praxis dadurch erhöht, daß diese Gase, wenn der Ort ihrer Erzeugung möglichst nahe dem ihrer Verbrennung liegt, bereits vor der Verbrennung eine höhere Temperatur besitzen, welche der nach ihrer Verbrennung erzeugten zu Gute kommt.

Pyrometr. Eff. der gasförm. Brennmater.

6. Durch die nach der Welter'schen Theorie berechneten pyrometrischen Wärme-Effekte der gasförmigen Brennmaterialien stellt es sich deutlich heraus, daß diese Theorie für die Wärme-Effekte der brennbaren Gase zu

niedrige Werthe giebt. Es läßt sich nämlich sonst durchaus nicht einsehen, wie man mit diesen Gasen Schmelzungen vollzogen hat, welche eine bestimmt nicht unter 1600° C. liegende Temperatur erfordern. Allerdings kann hierbei der eben erwähnte Umstand, daß die Gase bereits vor ihrer Verbrennung eine höhere Temperatur besaßen, so wie die Anwendung der erwärmten Gebläseluft (s. den folgenden Abschnitt) beigetragen haben; dennoch aber wird dadurch nicht in allen Fällen die erforderliche Steigerung der Temperatur erreicht, denn es ist ausgemacht, daß die Gase vor ihrer Verbrennung zuweilen kaum über 200° C. erwärmt waren und die Gebläseluft ebenfalls keine viel höhere Temperatur besaß. Das Frischen des Eisens in einem Puddelofen läßt sich mit Anwendung von Holzkohlengas und erhitzter Gebläseluft sehr gut ausführen, obgleich die zu diesem Processe erforderliche Temperatur mit größerer Wahrscheinlichkeit über als unter 1600° C. anzunehmen ist. Das Holzkohlengas erzeugt aber nach der Welter'schen Theorie keine höhere Temperatur als 1250° C.; durch die gedachte vorherige Erhitzung dieses Gases und der Gebläseluft bis auf 200° C. würde dieser pyrometrische Effekt bis auf 1450° C. gesteigert werden: es fehlen also wenigstens noch 150° C. an dem in der Praxis damit erreichten Effekte. Dieser zu geringe theoretische Wärme-Effekt der gasförmigen Brennmaterialien scheint der Richtigkeit der Dulong'schen Versuche (s. die Anmerkung S. 356) das Wort zu reden. So viel dürfte wenigstens als ausgemacht betrachtet werden können, daß die mit Zugrundelegung dieser Versuche berechneten Werthe nicht — wie die nach dem Welter'schen Gesetze bestimmten — zu niedrig ausfallen; ob sie aber nicht zu hoch sind, ist eine Frage, welche in dem folgenden Capitel erörtert werden soll.

XIII. Die neuesten Bestimmungen der Wärme-Effekte des Wasserstoffs, Kohlenstoffs und anderer brennbarer Körper.

Die zum Theil sehr bedeutenden Abweichungen, welche zwischen den Resultaten der Untersuchungen älterer und neuerer Physiker über die absoluten Wärme-Effekte verschiedener brennbarer Körper stattfinden (s. S. 356), haben in neuester Zeit Wiederholungen dieser Versuche zur Folge gehabt. Sowohl Favre und Silbermann (Comptes rendus, T. XVIII., p. 695 und T. XX., p. 1565 und 1734) als Graffi (Erdmann und Marchand's Journ., Bd. 36, S. 193 und Journ. de Pharm. et de Chim., 3ième sér., T. VIII.) haben Arbeiten *) geliefert, welche diesen wichtigen Ge-

*) Diese Untersuchungen kamen mir früher (während meines Aufenthaltes in Christiania) leider nicht zur Hand, weswegen ich ihrer im vorigen Hefte

genstand betreffen. Die Hauptresultate derselben, so weit sie in unseren Kreis der Betrachtung fallen, sind in dem Folgenden angeführt.

Absoluter Wärme-Effekt d. Kohlenstoffs. Der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs ist zufolge älterer Bestimmungen, welche ihn annähernd zu 7800 W.-Einh. (nach Despretz = 7815) ergaben[1], von uns in runder Zahl = 8000 angenommen worden, was auch durch eine neuere Bestimmung Dulong's gerechtfertigt wird. Grassi fand denselben, im Mittel aus 13 Versuchen (welche zwischen 7632 und 7801 schwanken), = 7714; Favre und Silbermann erhielten ihn dagegen bei ihren Untersuchungen nahe gleich 8086. Hiernach möchte es wohl nicht nothwendig seyn, an unserer früheren Annahme etwas zu ändern, wobei noch in Betracht kommt, daß für unseren Zweck keine vollkommene Genauigkeit erfordert und daß durch die Annahme jener runden Zahl die Berechnung erleichtert wird. — Den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei dessen Verbrennung zu Kohlenoxyd bestimmten Favre und Silbermann zu 2480 W.-Einh.

Absol. W.-Eff. d. Wasserstoffs. Nach Versuchen von Despretz, welche mit denen von Lavoisier und Clement nahe übereinstimmen, ergab sich der absolute Wärme-Effekt des Wasserstoffs = 23640, und von uns wurde er in runder Zahl = 24000, also gleich dem 3fachen von dem des Kohlenstoffs gesetzt. Sehr abweichend hiervon fand ihn Dulong, nämlich = 34800. Nach Favre und Silbermann ist er = 34188 und nach Grassi = 34666. Diese Uebereinstimmung der drei letzten Resultate — welche durch Anwendung vollkommneter Methoden als die bei den drei ersten angewendeten erhalten wurden — läßt wohl keinen Zweifel mehr gegen die Richtigkeit der Dulong'schen Bestimmung aufkommen. In runder Zahl kann daher der absolute Wärme-Effekt des Wasserstoffs auf 36000, nämlich gleich dem 4½fachen des Kohlenstoffs gesetzt werden.

Absol. W.-Eff. d. Kohlenoxyds. Die Ungewißheit in Bezug auf den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenoxyds ist auch durch die neuesten Bestimmungen desselben noch nicht ganz gehoben. Dalton erhielt denselben, wie bereits früher angeführt, = 1857, Dulong = 2466. Favre und Silbermann bestimmten

---

nicht gedenken konnte. Hierdurch ist aber die von mir im Abschnitte von den Brennmaterialien gewählte Lehr-Methode glücklicherweise nur wenig beeinträchtigt worden, indem die — jetzt wohl als gestürzt zu betrachtende — Welter'sche Theorie jedenfalls den Vortheil gewährt, daß sie die Betrachtung vereinfacht und die Rechnung erleichtert, ohne dabei — mit Ausnahme der gasförmigen Brennmaterialien — erheblich unrichtige Resultate zu liefern. In Betreff der Anfänger im Studium der Metallurgie dürfte es stets den Vorzug behalten, die Lehre von den Brennmaterialien anfänglich auf die Welter'sche Theorie zu begründen und die neueren Correktionen derselben erst später nachfolgen zu lassen.

ihn zu 2403; nach Grassi ist er = 1876 *). (Zufolge der Welter'schen Theorie = 1710.) Während also auf der einen Seite Dalton's und Grassi's Angaben sehr nahe übereinstimmend sind, nähert sich auf der anderen Seite Dulong's Angabe der von Favre und Silbermann, und es bleibt vor der Hand unausgemacht, ob der absolute Wärme-Effekt des Kohlenoxyds = 2403 — 2466 oder = 1857 — 1876 zu setzen sey.

Absol. W.-Eff. des Grubengases.

Beim Grubengase wurden ebenfalls sehr verschiedene Resultate erhalten. Nach Dalton ist dessen absoluter Wärme-Effekt = 6375, nach Dulong = 13223 **), nach Favre und Silbermann = 13158 und nach Grassi = 10945. (Nach der Welter'schen Theorie = 12000.) Ein Effekt von 13158 — 13223 dürfte der wahrscheinlichere seyn.

Absol. W.-Eff. d. ölbildenden Gases.

Der absolute Wärme-Effekt des ölbildenden Gases ist nach Dalton = 6600, nach Dulong = 12172 ***), nach Favre und Silbermann = 11900, nach Grassi = 8557. (Nach der Welter'schen Theorie = 10290.) Am wahrscheinlichsten dürfte hiernach 11900 — 12172 seyn.

Ergebnisse der Untersuchungen.

Aus diesen Untersuchungen ergeben sich nun folgende, für unseren Zweck wichtigen Resultate.

Das Welter'sche Ges. nicht richtig.

1) Das Welter'sche Gesetz: daß gleiche Sauerstoffmengen bei ihrer Verbrennung mit jedem Körper gleiche Wärmemengen erzeugen, wird nicht durch die Erfahrung bestätigt. Die größte Abweichung von diesem Gesetze findet in Bezug auf den Wasserstoff statt.

Welche Zahlen in Tab. XV. und XVI. die richtigen sind.

2) Bei denjenigen in den Tabellen XV. und XVI. aufgeführten festen Brennmaterialien, deren Wärme-Effekte daselbst zweifach angegeben wurden, sind die unteren Zahlen als die richtigeren zu betrachten, weil bei ihrer Berechnung der Dulong'sche — durch die Versuche von Favre und Silbermann, so wie von Grassi bestätigte — absolute Wärme-Effekt des Wasserstoffs in Anwendung gebracht wurde. Bei den gasförmigen Brennmaterialien sind die oberen, sich zufolge des Welter'schen Gesetzes ergebenden Zahlen bedeutend zu niedrig; ob die unteren dagegen die richtigen seyen, bleibt so lange unentschieden, als der gedachte Zweifel in Betreff des absoluten Wärme-Effektes des Kohlenoxyds nicht gehoben ist. Ist der Dalton-Grassi'sche Werth = 1857 — 1876 der richtige, so sind jene Zahlen — da sie mit Annahme des Dulong'schen Werthes = 2466 berechnet wurden — etwas zu hoch ausgefallen.

---

*) 1 Litre Kohlenoxyd entwickelte bei der Verbrennung 2358 W.-Einh. Das spec. Gew. dieses Gases wurde = 0,9678 in Rechnung gebracht.

**) Das spec. Gew. des Grubengases = 0,5589 angenommen.

***) Das spec. Gew. des ölbildenden Gases = 0,9675 gesetzt.

Intensitäts-Coefficienten.

3) Wenn man, wie es sich nach den bisherigen Untersuchungen als das Wahrscheinlichste herausstellt, den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 8000, den des Wasserstoffs = 36000, den des Kohlenoxyds = 2404 — 2466 oder = 1857 — 1876, den des Grubengases 13158 — 13223 und den des ölbildenden Gases = 11900 — 12172 annimmt, und wenn man diejenige Wärmemenge, welche 1 Gwthl. Sauerstoff bei seiner Verbrennung mit Kohlenstoff zu Kohlensäure erzeugt, gleich 1 setzt, so ergiebt sich Folgendes:

1 Gwthl. Sauerstoff erzeugt bei der vollständigen Verbrennung mit:

		Relative Wärmemengen:
Kohlenstoff		1,0
Wasserstoff		1,5
Kohlenoxyd	1,44 oder	1,1
Grubengas		1,1
Oelbildendes Gas		1,17.

Diese Zahlen — Intensitäts-Coefficienten — legen vor Augen, in welchem Grade das Welter'sche Gesetz in den betreffenden Fällen von den Erfahrungs-Resultaten abweicht. Man findet diese Zahlen leicht, indem man den erfahrungsmäßigen absoluten Wärme-Effekt eines Körpers durch den sich nach dem Welter'schen Gesetze ergebenden dividirt. So z. B. ist der Intensitäts-Coefficient beim Wasserstoff $= \frac{36000}{24000} = 1{,}5$.

Hieraus folgende Veränd. d. Formeln.

Durch den Umsturz des Welter'schen Gesetzes erleiden die früher (S. 142 — 149) für die drei verschiedenen Wärme-Effekte gegebenen allgemeinen Formeln Veränderungen, welche hauptsächlich in der Einführung der Intensitäts-Coefficienten bestehen. Da letztere für Kohlenstoff und Wasserstoff andere sind, als für Kohlenoxyd, Grubengas u. s. w., so erscheint es am zweckmäßigsten, für jede der beiden Hauptklassen der Brennmaterialien, nämlich für die festen und die gasförmigen, besondere Formeln aufzustellen.

1) für den abs. W.-Eff.

Die Formeln für den absoluten Wärme-Effekt zerfallen hiernach in eine Formel:

a. für feste Brennmaterialien, welche Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Wasser und Asche enthalten können. Für ein Brennmaterial, welches (dem Gewichte nach) c Kohlenstoff, h Wasserstoff, w chemisch gebundenes und w' hygroskopisches Wasser enthält, ergiebt sich unter Berücksichtigung, daß 1 Gwthl. Kohlenstoff zu seiner vollständigen Verbrennung $2^2/_3$ = 2,67 Gwthle. Sauerstoff, und daß 1 Gwthl. Wasser-

stoff hierzu 8 Gwthle. Sauerstoff verbraucht, der in Wärme-Einheiten ausgedrückte absolute Wärme-Effekt

$$A = 3000\ [c.2{,}67 + 1{,}5.h.8] - 550\,[9.h + w + w'] \qquad (12)$$

Um den absoluten Wärme-Effekt eines Körpers im Vergleich zu dem des Kohlenstoffs = 1 zu berechnen, braucht man das durch diese Formel erhaltene Resultat nur durch den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs = 8000 zu dividiren. Das negative Glied der Formel betrifft die Correktion hinsichtlich der latenten Wärme des Wasserdampfes, wovon im vorigen Kapitel ausführlicher die Rede war.

b. für gasförmige Brennmaterialien, welche Kohlenoxyd, Wasserstoff, Grubengas, ölbildendes Gas, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf enthalten können. Bei einem dergleichen Brennmaterial, welches (dem Gewichte nach) k Kohlenoxyd, h Wasserstoff, g Grubengas, o ölbildendes Gas, n Stickstoff, K Kohlensäure und w Wasserdampf enthält, findet man mit Zugrundelegung der Thatsachen, daß 1 Gwthl. Kohlenoxyd zu seiner Verbrennung 0,57 Gwthle. Sauerstoff, 1 Gwthl. Wasserstoff hierzu 8 Gwthle. S., 1 Gwthl. Grubengas 4 Gwthle. S. und 1 Gwthl. ölbildendes Gas 3,43 Gwthle. S. erfordert, so wie daß 1 Gwthl. Grubengas bei seiner Verbrennung 2,25 Gwthle. Wasser und daß 1 Gwthl. ölbildendes Gas hierbei 1,29 Gwthle. Wasser erzeugt:

$$A = 3000\,[x.k.0{,}57 + 1{,}5.h\,8 + 1{,}1.g.4 + 1{,}17.o\,3{,}43] - 550\,[9.h + 2{,}25.g + 1{,}29.o + w] \qquad (13)$$

Der Intensitäts-Coefficient des Kohlenoxyds wurde, da es noch unentschieden ist, ob er = 1,44 oder = 1,1, unter der Bezeichnung x in die Formel eingeführt.

2) für den specif. W.-Eff.

Die Formeln für den specifischen Wärme-Effekt findet man aus den für den absoluten, indem man letztere mit den betreffenden specifischen Gewichten multiplicirt.

3) für den pyrometrischen W.-Eff.

Die Formeln für den pyrometrischen Wärme-Effekt sind leicht zu entwickeln, wenn die für den absoluten bekannt sind. Es ergiebt sich die Formel

a. für feste Brennmaterialien, wenn deren absoluter Wärme-Effekt = A gesetzt wird:

$$P = \frac{A}{3{,}67.c.s + (9.h + w + w')s' + [n + 3{,}33(2{,}67.c + 8.h)]s'' + a.s'''} \qquad (14)$$

In diesem Ausdrucke bezeichnet s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die spec. Wärme des Wasserdampfes, s'' die spec. Wärme des Stickstoffs und s''' die spec. W. der Asche. Der möglicherweise in dem Brennmaterial vorhandene Stickstoffgehalt wird durch n und

der Aschengehalt durch a ausgedrückt. Die Bezeichnung der anderen Buchstaben ist die früher angegebene.

b. **für gasförmige Brennmaterialien**, wenn ebenfalls der betreffende absolute Wärme-Effekt A gesetzt wird und man außerdem berücksichtigt, daß 1 Gwthl. Kohlenoxyd zu 1,57 Gwthln. Kohlensäure, 1 Gwthl. Grubengas zu 2,75 Gwthln. Kohlensäure und 2,25 Gwthln. Wasser, und 1 Gwthl. ölbildendes Gas zu 3,14 Gwthln. Kohlensäure und 1,29 Gwthln. Wasser verbrennt:

$$P = \frac{A}{\Sigma(K)s + \Sigma(w)s' + \Sigma(n)s''} \qquad (15)$$

$$\Sigma(K) = K + 1{,}57 \,.\, k + 2{,}75 \,.\, g + 3{,}14 \,.\, o$$

$$\Sigma(x) = w + 9 \,.\, h + 2{,}25 \,.\, g + 1{,}29 \,.\, o$$

$$\Sigma(n) = n + 3{,}33\,(0{,}57 \,.\, k + 8 \,.\, h + 4 \,.\, g + 3{,}43 \,.\, o).$$

Die Buchstaben in der Formel, mit Ausnahme von s, s' und s'', bezeichnen die zuvor — bei der Formel für den absoluten Wärme-Effekt gasförmiger Brennmaterialien — angegebenen Größen; s, s' und s'' sind die Wärme-Capacitäten der Kohlensäure, des Wasserdampfes und des Stickstoffs.

Die Formeln (14) und (15) für den pyrometrischen Wärme-Effekt sind auf die für die Praxis wichtigste Art der Verbrennung, nämlich auf die Verbrennung in atmosphärischer Luft bezogen. Will man diese Formeln für eine Verbrennung in Sauerstoff umändern, so hat man nur nöthig, in beiden das mit s'' multiplicirte Glied des Nenners $= 0$ zu setzen. —

Pyrometr. W.-Eff. einiger Stoffe.

Mit Zugrundelegung der eben entwickelten Formeln für den pyrometrischen Wärme-Effekt bei der Berechnung dieses Effektes in Bezug auf Kohlenstoff, Kohlenoxyd, Grubengas, ölbildendes Gas und Wasserstoff ergiebt sich Folgendes:

		Pyrometr. Wärme-Effekt in Sauerstoff:	in atmosph. Luft:
Kohlenstoff		9873° C.	2458° C.
Kohlenoxyd	nach Dulong, Favre und Silbermann *)	7090° „	2828° „
	nach Dalton und Grassi **)	5316° „	2121° „
Oelbildendes Gas		6308° „	2290° „
Grubengas		4766° „	1935° „
Wasserstoff		4073° „	2080° „

Entsprechende Veränderungen erleiden die pyrometrischen Wärme-Effekte

*) Nämlich der absolute Wärme-Effekt des Kohlenoxyds = 2403 — 2466.

**) Der absolute Wärme-Effekt des Kohlenoxyds = 1857 — 1876.

des Baumöls, Aethers und Alkohols (s. S. 150), welche jedoch von geringerer Wichtigkeit für uns sind und daher hier übergangen werden mögen.

Wenn die Angaben von Dulong, Favre und Silbermann in Bezug auf den absoluten Wärme-Effekt des Kohlenoxyds die richtigen sind, so würde sich hieraus das in mehrfacher Beziehung interessante Resultat ergeben: daß bei einer Verbrennung in atmosphärischer Luft das reine Kohlenoxydgas einen höheren Hitzgrad entwickelt als der Kohlenstoff. Dies erscheint paradox, ist aber nicht bloß in dem verhältnißmäßig hohen absoluten Wärme-Effekte des Kohlenoxyds, sondern auch — und zwar sehr wesentlich — darin begründet, daß 1 Gwthl. Kohlenoxyd bei seiner Verbrennung in atmosphärischer Luft im Ganzen nur 2,47 Gwthle., 1 Gwthl. Kohlenstoff hierbei aber 12,57 Gwthle. gasförmiger Verbrennungs-Produkte erzeugt, wenn der aus der atmosphärischen Luft abgeschiedene Stickstoff hinzugerechnet wird.

Pyrometr. W.-Eff., wenn Kohle zu Kohlenoxyd verbr.

Den pyrometrischen Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd findet man durch eine einfache Berechnung aus dem unter solchen Umständen hervorgebrachten absoluten Wärme-Effekte, welcher, wie bereits oben erwähnt, von Favre und Silbermann zu 2480 W.-Einh. angegeben worden ist.

$$P = \frac{2480}{2^1/_3 \cdot 0{,}288 + 3^1/_3 \cdot 1^1/_3 \cdot 0{,}275} = 1310^0 \text{ C.}$$

1 Gwthl. Kohlenstoff verbindet sich nämlich mit $1^1/_3$ Gwthln. Sauerstoff zu $2^1/_3$ Gwthln. Kohlenoxyd; die specif. Wärme dieses Gases ist = 0,288 und die des Stickstoffs = 0,275. Dieser geringe pyrometrische Wärme-Effekt von 1310° C. spielt eine wichtige Rolle im Schachtofen-Processe. Es wird später angezeigt werden, daß sich ein sehr bedeutender Theil der in einem Schachtofen — durch Verbrennung des Kohlenstoffs — gebildeten Kohlensäure durch Aufnahme von Kohlenstoff in Kohlenoxyd umwandelt.

Temperatur-Vermind., wenn Kohlensäure zu Kohlenoxyd wird.

Das so gebildete Kohlenoxyd muß natürlicherweise dieselbe Temperatur besitzen wie das durch direkte Verbrennung entstandene, also 1310° C.; und folglich wird durch eine solche Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd die Temperatur an den betreffenden Stellen des Schachtofens von 2458° C. (des durch Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure erzeugten pyrometr. Wärme-Effektes) bis auf 1310° C. erniedrigt werden. Diese Temperatur-Verminderung von 2458° — 1310 = 1148° C. hat darin ihren Grund, daß es keine Verbrennung, sondern eine chemische Auflösung des Kohlenstoffs ist, wenn sich derselbe mit Kohlensäure zu Kohlenoxyd verbindet. Daß bei einer solchen Auflösung des festen Kohlenstoffs in der gasförmigen Kohlensäure eine beträchtliche Wärmemenge gebunden werden muß, läßt sich voraussehen. — Favre und Silbermann bestimmten den

absoluten Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd auf folgendem indirekten Wege. Es ist klar, daß dieselbe Wärmemenge entwickelt werden müsse, wenn 1 Gwthl. Kohle zu $2^1/_3$ Gwthln. Kohlenoxyd und diese wieder zu $3^2/_3$ Gwthln. Kohlensäure verbrennen, als wenn sogleich 1 Gwthl. Kohlenstoff zu $3^2/_3$ Gwthln. Kohlensäure verbrennt. Ist es daher bekannt, wieviel W.-Einh. durch Verbrennung von $2^1/_3$ Gwthln. Kohlenoxyd zu $3^2/_3$ Gwthln. Kohlensäure entwickelt werden, so braucht man diese nur von 8000 (nach Favre und Silbermann von 8086) W.-Einh. zu subtrahiren, um diejenige Menge der W.-Einh. übrig zu behalten, welche 1 Gwthl. Kohlenstoff bei seiner Verbrennung zu $2^1/_3$ Gwthln. Kohlenoxyd entwickelt. Nun fanden Favre und Silbermann, daß 1 Gwthl. Kohlenoxyd bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure 2403 W.-Einh. erzeugt, folglich müssen $2^1/_3$ Gwthle. Kohlenoxyd hierbei $2^1/_3 \times 2403 = 5607$ W.-Einh. erzeugen, und es muß 1 Gwthl. Kohlenstoff bei seiner Verbrennung zu $2^1/_3$ Gwthln. Kohlenoxyd $8086 - 5607 = 2479$ W.-Einh. hervorbringen, was den von uns in runder Zahl angenommenen 2480 W.-Einh. sehr nahe kommt. Zufolge Dulong's Bestimmung des absoluten Wärme-Effektes des Kohlenstoffs = annähernd 7800 W.-Einh. und des des Kohlenoxyds = 2466 ergiebt sich dagegen der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd = 2046, also bedeutend niedriger. Legt man diesen Werth bei der Berechnung des pyrometrischen Wärme-Effektes, welcher der Kohle bei ihrer Verbrennung zu Kohlenoxyd zukommt, zu Grunde, so erhält man

$$P = \frac{2046}{2^1/_3 \,.\, 0{,}288 + 3^1/_3 \;\; 1^1/_3 \,.\, 0{,}275} = 1080^0 \text{ C.}$$

Hiernach findet daher bei dem Uebergange der Kohlensäure in Kohlenoxyd eine Temperatur-Verminderung von 2396^0 (nach Dulong der pyrometrische W.-Effekt des Kohlenstoffs) minus $1080^0 = 1316^0$ C. statt, während nach Favre's und Silbermann's Angaben nur 1148^0 C. gefunden wurden. Durchschnittlich und in runder Zahl läßt sich diese Temperatur-Verminderung also etwa auf 1200^0 C. anschlagen.

Zusammenstellung einiger wichtigen Daten.

Am Schlusse dieses Kapitels möge noch eine Zusammenstellung von Daten Platz finden, welche bei der Berechnung der Wärme-Effekte der verschiedenen Brennmaterialien in Anwendung kommen.

Tab. XVII.

1. Specifische Wärme.

(Nach de la Roche und Berard.)

Wasser	1,000
Wasserdampf	0,847
Stickstoff	0,275
Kohlenoxyd	0,288
Kohlensäure	0,221
Sauerstoff	0,236
Wasserstoff	3,294
Oelbildendes Gas	0,421
Atmosphärische Luft	0,267
Asche der Brennmaterialien, nach Schätzung	0,200

2. Specifisches Gewicht.

Atmosphärische Luft	1,0000
Stickstoff (Berzelius und Dulong)	0,9757
Kohlensäure (Dieselben)	1,5245
Kohlenoxyd (Wrede)	0,9678
Wasserstoff (Berzelius und Dulong)	0,0688
Grubengas (Dieselben)	0,5589
Oelbildendes Gas (Saussure)	0,9852

3. Verbrennungs-Produkte.

a. in Gewichtstheilen.

1 Gwthl. C	verbrennt mit	2,67 Gwthln. O	zu		3,67 Gwthl.	$\ddot{C}$
1 » C	»	» 1,33 » O	»		2,33 »	$\dot{C}$
1 » $\dot{C}$	»	» 0,57 » O	»		1,57 »	$\ddot{C}$
1 » CH^2	»	» 3,43 » O	»	1,29 Gwthl. $\dot{\underline{H}}$ u.	3,14 »	$\ddot{C}$
1 » CH^4	»	» 4,00 » O	»	2,25 » $\dot{\underline{H}}$ u.	2,75 »	$\ddot{C}$
1 » H	»	» 8,00 » O	»	9,00 » $\dot{\underline{H}}$		

b. in Volumtheilen.

1 Volthl. $\dot{C}$	»	» ½ Volthl. O	zu		1 Volthl.	$\ddot{C}$
1 » H	»	» ½ » O	»		1 »	$\dot{\underline{H}}$
1 » CH^4	»	» 2 » O	»	2 Volthl. $\dot{\underline{H}}$ u.	1 »	$\ddot{C}$
1 » CH^2	»	» 3 » O	»	2 » $\dot{\underline{H}}$ u.	2 »	$\dot{C}$

4. Absolutes Gewicht der Luft.

1 Litre atmosphärischer Luft wiegt bei 28 Z. Bar. und 0° C. . . . 1,295 Grm.

Die specifischen Gewichte der angeführten Gasarten werden besonders gebraucht, um aus einer sich auf das Volum beziehenden Zusammensetzung gasförmiger Brennmaterialien die Zusammensetzung nach dem Gewicht abzuleiten, welche letztere erfordert wird, wenn es sich um die Berechnung der Wärme-Effekte nach den hier gegebenen Formeln handelt.

Vierter Abschnitt.

Die Lehre von den Wärme-Beförderungsmitteln.

I. Von den Principien, welche der Anwendung der Wärme-Beförderungsmittel zu Grunde liegen.

Zweck d. W.-Beförderungsm.

Durch die Anwendung der Wärme-Beförderungsmittel bezweckt man die Leistungen der Brennmaterialien zu steigern, d. h. durch ihre — bei den metallurgischen Processen bisher stets in atmosphärischer Luft ausgeführte — Verbrennung eine möglichst große Wärme*menge* und einen möglichst hohen Wärme*grad* sowohl zu *entwickeln*, als auch möglichst vollständig zu *benutzen*.

Entwicklung 1) d. größtmögl. W.-Menge.

In Betreff der *Entwicklung* der größtmöglichen Wärme*menge* aus einem Brennmaterial, kann unter gewöhnlichen Umständen nicht davon die Rede seyn, diejenigen Wärmemengen zu übertreffen, welche durch die im vorigen Abschnitte berechneten (theoretischen) absoluten und specifischen Wärme-Effekte ausgedrückt werden, sondern es wird sich, so weit uns unsere jetzigen Erfahrungen hierüber belehren, nur darum handeln können, dieselben in der Praxis zu *erreichen*. Bisher ist nämlich kein Mittel bekannt, durch welches man, ohne wirkliche Hinzufügung einer von einer anderen Wärmequelle herrührenden Wärme-Quantität, die sich bei der vollständigen Verbrennung eines Körpers entwickelnde Wärmemenge zu vergrößern vermöchte. Ein solches Hinzufügen von Wärme kann jedoch unter gewissen Umständen ökonomisch vortheilhaft wirken, und in diesem Sinne kann daher von einer Vergrößerung der aus einem Brennmaterial entwickelten Wärmemenge geredet werden.

2) d. größtmögl. W.-Grades.

Die *Entwicklung* des höchstmöglichen Wärme*grades* aus einem Brennmaterial ist in solchem Sinne ebenfalls nicht auf die Er-

reichung seines sich nach der Theorie ergebenden pyrometrischen Effektes beschränkt, sondern man kann auch diesen Effekt durch dasselbe Mittel erhöhen.

Die vollkommenste Benutzung der entwickelten Wärmemenge wird dann geschehen, wenn dieselbe gänzlich von dem zu erhitzenden Körper aufgenommen wird. Da sich dies aber bei den metallurgischen Processen nicht bewerkstelligen läßt, so wird es darauf ankommen, von der entwickelten Wärmemenge so viel als möglich entweder direkt zur Erhitzung des betreffenden Körpers oder doch anderweitig nützlich zu verwenden. Die beste Benutzung des erzeugten Wärmegrades findet statt, wenn der zu erhitzende Körper dieselbe Temperatur erreicht, welche die durch Verbrennung des Brennmaterials entwickelten Verbrennungs-Produkte besitzen.

Benutzung 1) d. größtmögl. W.-Menge.

2) d. größtmögl. W.-Grades.

A. Von der Entwicklung der größtmöglichen Wärmemenge und des höchstmöglichen Wärmegrades aus einem Brennmaterial.

1. Um den sich nach der Theorie ergebenden absoluten und specifischen Wärme-Effekt eines Brennmaterials zu erreichen, ist es nothwendig, daß die Verbrennung vollständig sey, d. h. daß kein brennbarer Theil des Brennmaterials der Verbrennung entgehe und daß jeder brennbare Bestandtheil desselben hierbei auf die möglichst hohe Oxydationsstufe gebracht werde. Was die erste Bedingung anlangt, so bedarf sie keiner weiteren Erläuterung, da es von selbst klar ist, daß das Zurückbleiben unverbrannter brennbarer Theile in der Asche der Brennmaterialien, die Bildung von Ruß u. s. w. die entwickelte Wärmemenge nothwendigerweise beeinträchtigen müssen. Die zweite Bedingung betrifft nur den Kohlenstoff der Brennmaterialien, welcher zu Kohlenoxyd und zu Kohlensäure verbrennen kann, in ersterem Fall aber eine geringere Wärmemenge entwickelt, als in letzterem. Es entwickelt nämlich, nach Favre und Silbermann, 1 Gwthl. Kohlenstoff bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd nur 2480 Wärme-Einheiten, während bei dessen Verbrennung zu Kohlensäure bekanntlich gegen 8000 Wärme-Einheiten frei werden.

Erreichung des absol. u. specif. W.-Eff.

Als Mittel zur Hervorbringung einer vollständigen Verbrennung dient ein zweckmäßig geleiteter Luftzug, welcher sowohl die gebildeten gasförmigen Verbrennungs-Produkte entfernt, als auch das brennende Brennmaterial stets mit den erforderlichen Sauerstoffmengen in Berührung bringt. Ein solcher Luftzug kann nun auf zweierlei Art hervorgebracht werden, entweder durch Saugung oder Pressung, nämlich durch Wegsaugung der gebildeten gasförmigen Verbrennungs-Produkte und dadurch veranlaßtes Nachströmen frischer atmosphärischer Luft, oder durch Einpressung der

Mittel dafür.

letzteren und dadurch bewirktes Entfernen der gasförmigen Verbrennungs-Produkte. Das erstere bewerkstelligt man in der Regel durch a) Essen (Schornsteine, Schlote) und gewöhnlich zugleich durch Roste, das letztere durch b) Gebläse-Maschinen. Die nähere Betrachtung dieser Vorrichtungen wird uns später beschäftigen.

Uebertreffung des absolut. u. specif. W.-Eff.

2. Soll der unter gewöhnlichen Umständen durch Verbrennung eines Brennmaterials erreichbare absolute oder specifische Wärme-Effekt übertroffen werden, so kann dies im Allgemeinen nur dadurch geschehen, daß entweder das Brennmaterial oder die zur Verbrennung dienende atmosphärische Luft oder beide bereits vor der Verbrennung in eine erhöhte Temperatur versetzt wurden.

Mittel dafür.

Die betreffenden Mittel bestehen also in a) Vorwärmung des Brennmaterials und b) Vorwärmung der Verbrennungsluft.

Erreichung des pyrometrischen W.-Eff.

3. Um den sich durch Berechnung ergebenden pyrometrischen Wärme-Effekt eines Brennmaterials zu erreichen, ist die Erfüllung derselben beiden Bedingungen erforderlich, wie sie soeben in Bezug auf die Erzielung des größtmöglichen absoluten und specifischen Wärme-Effektes aufgestellt wurden, ganz besonders aber der letzteren derselben; denn wenn Kohle zu Kohlenoxyd verbrennt, entwickelt sie einen bedeutend geringeren Hitzgrad, als wenn sie sich bei der Verbrennung in Kohlensäure umwandelt. Die Berechnung ergiebt*), daß bei der in atmosphärischer Luft vor sich gehenden Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd eine Temperatur von 1427° C., bei dessen Verbrennung zu Kohlensäure aber eine Temperatur von 2458° C. hervorgebracht wird.

Mittel dafür.

Daß unter solchen Umständen die Mittel zur Erreichung des pyrometrischen Wärme-Effektes dieselben seyn müssen wie die vorher erwähnten, zur Erreichung des absoluten und specifischen Wärme-Effektes dienenden, versteht sich von selbst. Also auch für diesen Fall sind die betreffenden Wärme-Beförderungsmittel a) Essen und Roste, und b) Gebläse-Maschinen.

Uebertreffung des pyrometr. W.-Eff.

4. Soll hingegen bei der Verbrennung eines Brennmaterials der durch seinen gewöhnlichen pyrometrischen Effekt gegebene Hitzgrad über-

---

*) Da nach Favre und Silbermann der absolute Wärme-Effekt des Kohlenstoffs bei seiner Verbrennung zu Kohlenoxyd = 2480, so findet man

$$P = \frac{2480}{2{,}33 \,.\, 0{,}221 + 3{,}33 \,.\, 1{,}33 \,.\, 0{,}275} = 1427^{0}\ \text{C.}$$

Ob inzwischen jener absolute Wärme-Effekt, 2480, vollkommen richtig bestimmt ist, dürfte erst durch wiederholte Untersuchungen außer Zweifel gesetzt werden können.

troffen werden, so stellen sich hierzu dieselben Bedingungen heraus wie die sub 2. angeführten, welche die Uebertreffung des gewöhnlichen absoluten und specifischen Wärme-Effektes angehen.

Mittel dafür. Also auch hier bestehen die zweckdienlichen Mittel in a) Vorwärmung des Brennmateriales und b) Vorwärmung der Verbrennungsluft.

Recapitulation. Als Wärme-Beförderungsmittel in Betreff der Entwicklung der größtmöglichen Wärmemenge und des höchstmöglichen Wärmegrades aus einem gegebenen Brennmaterial bieten sich uns folglich im Ganzen folgende dar: 1) Essen und Roste (1, a und 3, a), zur Erreichung der gewöhnlichen absoluten und specifischen Wärme-Effekte, 2) Gebläse-Maschinen (1, b und 3, b), zu demselben Zwecke, und 3) Vorwärmungs-Apparate für Brennmaterial und Verbrennungsluft (2, a, b und 4, a, b), zur Uebertreffung der gewöhnlichen Wärme-Effekte.

Anhang. 5. Endlich sind hier noch anhangsweise, theils als Wärme-Beförderungsmittel für specielle Fälle, theils als solche, deren Wirkung nicht hinreichend verbürgt ist, folgende zu erwähnen: a) Nasse Aufbereitung einiger Steinkohlen zur Reinigung derselben von fremden Beimengungen, wodurch der Wärme-Effekt der aus ihnen erzeugten Kohks erhöht wird; b) Darstellung gewisser Kohks (Backkohks) in Oefen, wobei sie eine größere Dichtigkeit und folglich auch einen größeren specifischen Wärme-Effekt erhalten, als die in Meilern und Haufen gewonnenen Kohks; c) Pressen des Torfes zur Vermehrung seiner Dichtigkeit und seines specifischen Wärme-Effektes; d) Ablagern (längeres Aufbewahren) der Holzkohlen und Kohks, wodurch dieselben einen erhöhten Wärme-Effekt erlangen sollen; e) Einblasen von Wasserdämpfen in die Schachtöfen, welches, nach den Angaben einiger Praktiker, eine vortheilhafte Wirkung hinsichtlich des Wärme-Effektes ausüben soll.

B. Von der möglichst vollständigen Benutzung der aus einem Brennmaterial entwickelten Wärmemenge und des daraus erzeugten Wärmegrades.

Benutzung der W.-Menge 1) zum Hauptzwecke. 1. Schon am Eingange dieses Abschnittes ist es als etwas Unausführbares erwähnt worden, daß bei den metallurgischen Processen die ganze aus dem Brennmaterial entwickelte Wärmemenge an den zu erhitzenden Körper gelange und von ihm absorbirt werde. Das Streben des Metallurgen muß sich in dieser Hinsicht darauf beschränken, einen möglichst großen Theil jener Wärmemenge hierzu zu verwenden, mit anderen Worten also: einen möglichst kleinen Theil derselben an andere Körper als den zu erhitzen-

den gelangen zu lassen. Hieraus ergeben sich folgende Regeln: 1) Ofen, Beschickung, Brennmaterial und Verbrennungsluft müssen so viel wie möglich von hygroskopischer Feuchtigkeit befreit werden, weil diese bei ihrer Verdampfung einen verhältnißmäßig sehr bedeutenden Theil Wärme bindet und auf diese Weise dem zu erhitzenden Körper entzieht. 2) Der durch Absorption, Leitung, Ausstrahlung oder Undichtheit der Ofenwände herbeigeführte Wärmeverlust muß möglichst zu beschränken gesucht werden. 3) Es darf kein größerer Andrang von atmosphärischer Luft zum Brennmaterial stattfinden, als es die vollständige Verbrennung des letzteren erfordert. 4) Der zu erhitzende Körper muß an der Stelle des Ofens placirt werden, welche die relativ höchste Temperatur erlangt; und zugleich müssen die heißen Verbrennungs-Produkte hier möglichst lange mit ihm in Berührung bleiben. 5) Die Oberfläche des zu erhitzenden Körpers muß, im Verhältniß zu seiner Masse, eine möglichst große seyn, weil sich hierdurch der Einwirkung der heißen Verbrennungs-Produkte mehr Angriffspunkte darbieten. 6) Je nach der Beschaffenheit des betreffenden Ofens und metallurgischen Processes muß man auf die Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials bedacht seyn, welches sowohl den erforderlichen Hitzgrad giebt, als auch bei den angewendeten Feuerungs-Vorrichtungen am vollständigsten verbrennt und an derjenigen Stelle des Ofens die größte Hitze erzeugt, wo sich der zu erhitzende Körper befindet.

Mittel dafür.

Zufolge dieser Regeln ergeben sich als hierhergehörige Wärme-Beförderungsmittel. a) **Austrocknung der Oefen, der Beschickung, des Brennmaterials und der Verbrennungsluft.** b) **Zweckmäßige Ofen-Construktion und Regulirung der zuströmenden Verbrennungsluft,** wodurch den Anforderungen der Regeln 2, 3 und 4 genügt wird. c) **Zweckmäßige Zerkleinerung des zu erhitzenden Körpers.** d) **Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials.**

2) zu Nebenzwecken.

2. Aus allen Oefen gewöhnlicher Construktion entweicht ein verhältnißmäßig großer Theil der darin entwickelten Wärmemenge unbenutzt. Man erkennt dies theils an der Flamme, welche aus ihnen hervorbricht, theils an der Wärme, welche sie ausstrahlen, theils endlich an den heißen, nicht selten brennbaren Gasströmen, welche aus ihnen entweichen. Für den in einem solchen Ofen betriebenen metallurgischen Proceß geht der auf diese Weise entführte Wärmestoff verloren; er läßt sich aber mit großem ökonomischen Vortheil zu anderen Zwecken verwenden. Entweder nämlich kann man die erhitzende Kraft jener Flamme — der Gichtflamme *) — so wie die von jenen Gasen

*) Gichtflamme heißt streng genommen nur die aus der Gicht der Schachtöfen hervorbrechende Flamme. Hier möge diese Benennung aber mit einem ausgedehnteren Begriff verbunden werden. Dasselbe gilt in Bezug auf die Gichtgase.

— den Gichtgasen — entführte und die von einzelnen Theilen des Ofens u. s. w. ausgestrahlte Wärme unmittelbar zu metallurgischen, auch wohl zu anderen Zwecken benutzen, oder man kann die noch nicht zur Entzündung gelangten Gichtgase, deren Brennbarkeit von einer unvollständigen Verbrennung des Brennmaterials herrührt, aus dem Ofen ableiten und sie als gasförmiges Brennmaterial benutzen.

Wir erhalten daher als Mittel zur Benutzung des aus Oefen von gewöhnlicher Construktion auf verschiedenem Wege entweichenden Wärmestoffs: a) Benutzung der Gichtflamme und der Gichtgase; b) Benutzung der von den Ofenwänden u. s. w. abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme.

Mittel dafür.

3. Bei näherer Betrachtung wird es einleuchtend, daß dieselben Regeln (sub 1 von 1 — 6), welche hinsichtlich der bestmöglichen Benutzung der entwickelten Wärmemenge zur Erhitzung des betreffenden Körpers gelten, auch in Bezug auf eine möglichst vollständige Benutzung des erzeugten Wärmegrades Anwendung finden müssen. Wir werden also hier ebenfalls auf die Wärme-Beförderungsmittel sub 1, a. b, c, d geführt. Außerdem aber giebt es noch andere Umstände, welche hierbei eine wichtige Rolle spielen.

Benutzung des W.-Grades.

Die höchste Temperatur eines brennenden Körpers befindet sich, wie man leicht einsieht, in der Nähe und unmittelbar an einer brennenden Oberfläche; in seinem Innern, wohin die Verbrennung noch nicht gelangt ist, wird keine Wärme entwickelt, sondern hier findet nur eine durch größere oder geringere Leitungsfähigkeit des betreffenden Körpers begünstigte, theilweise Aufnahme der Verbrennungswärme statt; in seiner Umgebung werden die heißen gasförmigen Verbrennungs-Produkte durch äußere Umstände, namentlich durch Vermengung mit der hinzuströmenden Verbrennungsluft, abgekühlt. Da es sich aber, besonders bei den nicht flammbaren (verkohlten) Brennmaterialien, hauptsächlich darum handelt, denjenigen Raum, welcher das Brennmaterial und den damit gemengten, zu erhitzenden Körper einschließt, in eine möglichst hohe Temperatur zu versetzen, so ergiebt sich als Erforderniß hierzu: daß innerhalb des ganzen Verbrennungsraumes eine möglichst hohe Temperatur erzeugt werde, oder, mit anderen Worten, daß daselbst möglichst viele Partikel des Brennmaterials in einer gegebenen Zeit verbrennen.

Zur Erreichung dieses Zweckes giebt es vorzugsweise zwei Mittel: e) eine zweckmäßige Zerkleinerung des Brennmaterials, und f) die Anwendung einer gepreßten (comprimirten) Verbrennungsluft, folglich also die Anwendung von Gebläse-Maschinen und zum Theil auch von Essen. Daß das erste dieser Mittel, da es die brennende Oberfläche unmittelbar vergrößert, den Zweck

Mittel dafür.

erreichen hilft, bedarf keiner weiteren Erläuterung; nur ist dabei zu beachten, daß der Vortheil einer solchen Zerkleinerung seine Grenzen hat, weil ein zu hoher Grad derselben dem Luftzuge Hindernisse in den Weg stellt. Das zweite dieser Mittel vermehrt zwar nicht eigentlich die brennende Oberfläche, aber es vermehrt die Anzahl der brennenden Partikel im Verbrennungsraume; denn der gepreßte Wind dringt in die Poren des Brennmaterials ein und bewirkt nicht bloß das Verbrennen desselben unmittelbar an seiner Oberfläche, sondern auch in einer mehr oder weniger starken Schicht zunächst unter derselben. Bei dem von einer Esse hervorgebrachten Luftzuge ist dies nur insofern der Fall, als die auf das Brennmaterial einströmende Verbrennungsluft, vermöge des ihr hier begegnenden Widerstandes, sich etwas verdichtet; um so mehr natürlich, je stärker der Luftzug ist. Ausführlicher wird die Wirkung der comprimirten Gebläseluft in einem der folgenden Kapitel zur Sprache kommen, welches »von der Compression der Gebläseluft und der Messung des Grades derselben« handelt.

Recapitulation.

Als Wärme-Beförderungsmittel in Betreff der möglichst vollständigen Benutzung der aus einem Brennmaterial entwickelten Wärmemenge und des daraus erzeugten Wärmegrades stehen uns, zufolge der vorhergehenden Betrachtungen, im Ganzen zu Gebote: 1) Essen und Roste (3, f), zur Benutzung des pyrometrischen Wärme-Effektes; 2) Gebläse-Maschinen (3, f), zu demselben Zwecke; 3) Austrocknung der Oefen, der Beschickung, des Brennmaterials und der Verbrennungsluft (1, a und 3, a), zur Benutzung der Wärmemenge und des Wärmegrades; 4) zweckmäßige Ofen-Construktion und Regulirung der einströmenden Verbrennungsluft (1, b und 3, b), zu demselben Zwecke; 5) zweckmäßige Zerkleinerung des zu erhitzenden Körpers (der Beschickung) (1, c und 3, c), zu demselben Zwecke; 6) zweckmäßige Zerkleinerung des Brennmaterials (3, e), zur Benutzung des pyrometrischen Effektes; 7) Auswahl des geeignetsten Brennmaterials (1, d und 3, d), zur Benutzung der Wärmemenge und des Wärmegrades; 8) Anwendung der Gichtflamme und der Gichtgase (2, a), zur Benutzung der Wärmemenge; 9) Anwendung der von den Ofenwänden u. s. w. abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme (2, b), zu demselben Zwecke.

Zusammenstellung sämmtlicher W.-Beförderungsm.

Ueberblicken wir sämmtliche in den beiden Abtheilungen A und B dieses Kapitels für die Entwicklung und Benutzung größtmöglicher Wärme-Effekte

aufgestellten Wärme-Beförderungsmittel, so ergiebt sich, daß mehrere derselben füglich zu einer Klasse vereinigt werden können, wodurch nicht allein die Uebersicht erleichtert, sondern auch der späteren ausführlicheren Behandlung derselben vorgearbeitet wird. Wir erhalten auf diese Weise im Ganzen folgende 7 Klassen von Wärme-Beförderungsmitteln:

I. Essen und Roste, zur Erreichung der gewöhnlichen Wärme-Effekte (A. 1, a und 3, a), so wie zum Theil auch zur Benutzung des erzeugten Wärmegrades (B. 3, f).

II. Gebläse-Maschinen, zu denselben Zwecken (A. 1, b und 3, b; B. 3, f).

III. Vorwärmungs-Apparate für das Brennmaterial und die Verbrennungsluft, zur Uebertreffung der gewöhnlichen Wärme-Effekte (A. 2, a, b und 4, a, b).

IV. Zweckmäßige Ofen-Construktion und Regulirung der zuströmenden Verbrennungsluft, zur Benutzung der Wärme-Effekte (B. 1, b und 3, b).

V. Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials, zu demselben Zwecke (B. 1, d und 3, d).

VI. Gewisse Vorbereitungen des Ofens, des Brennmaterials, der Beschickung und der Verbrennungsluft, nämlich: 1) Austrocknen derselben, zur Benutzung der Wärme-Effekte (B. 1, a und 3, a); 2) zweckmäßige Zerkleinerung des Brennmaterials und der Beschickung, ersteres zur Benutzung des pyrometrischen Wärme-Effektes (B. 3, e) und letzteres zur Benutzung der Wärme-Effekte überhaupt (B. 1, c und 3, c); 3) Aufbereitung einiger Steinkohlen, zur Erhöhung der Wärme-Effekte des aus ihnen dargestellten Kohks (A. 5, a); 4) Darstellung der Backkohks in Oefen, zur Erhöhung ihres specifischen Wärme-Effektes (A. 5, b); 5) Pressen des Torfes, zu demselben Zwecke (A. 5, c); 6) Ablagern der Holzkohlen und Kohks, zur Erhöhung der Wärme-Effekte (A. 5, d); 7) Einblasen von Wasserdämpfen in die Schachtöfen, zu demselben Zwecke (A. 5, e).

VII. Anwendung der Gichtgase, der Gichtflamme und der von den Ofenwänden u. s. w. abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme, zur Benutzung der entwickelten Wärmemenge (B. 2, a und b).

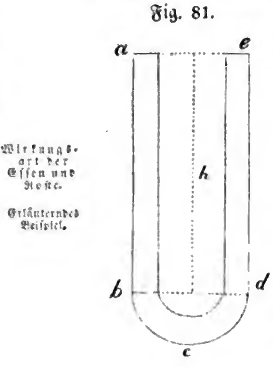
In den folgenden Kapiteln dieses Abschnittes werden alle diese Wärme-Beförderungsmittel näher durchgegangen und die nöthigen Erläuterungen zu ihrer zweckmäßigsten Anwendung gegeben werden; beides jedoch nur bis zu einer Grenze, welche sich von dem chemischen Gebiete der Metallurgie nicht allzu weit entfernt.

II. Von den Essen und Rosten.

Was man darunter versteht.

Esse und Rost bilden zusammen einen Verbrennungs-Apparat, wie derselbe einen wesentlichen Theil jedes Zug-Flammofens ausmacht (s. S. 93). Die Art, auf welche dieser Apparat mit den übrigen Theilen eines solchen Ofens verbunden ist, geht aus den früher gegebenen Beschreibungen hervor. Für unsern jetzigen Zweck handelt es sich zunächst allein um die Betrachtung von Esse und Rost, als einer für sich — auch ohne Verbindung mit jenen anderen Theilen — wirksamen Vorrichtung. Eine Esse (Schornstein, Schlot, Kamin) ist ein gewöhnlich senkrechter, seltener schräg oder in mehrfacher Richtung ansteigender Kanal, welcher die gasförmigen Verbrennungs-Produkte von einer Feuerstätte wegleiten und zugleich ein Zuströmen frischer — unverbrannter — Luft auf das Brennmaterial bewirken soll. Ein Rost besteht aus mehreren neben einander angebrachten Eisenstäben — zuweilen auch feuerfesten Steinen — deren Zwischenräume eng genug sind, um das auf den Rost gelegte Brennmaterial nicht durchfallen zu lassen, aber auch zugleich weit genug, um von der Asche nicht leicht verstopft zu werden und der Luft hinreichenden Durchzug zu gestatten. Esse und Rost bedingen einander nicht nothwendig; es giebt Feuerstätten mit Esse und ohne Rost, so wie deren mit Rost und ohne Esse. Wo aber keine besonderen Umstände dagegen sprechen, ist es von Vortheil, beide Vorrichtungen zusammen anzuwenden.

Fig. 81.



Wirkungsart der Essen und Roste.

Erläuterndes Beispiel.

Man denke sich eine gekrümmte Röhre *a b c d e*, deren einer senkrecht stehender Schenkel von *a* bis *b* mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. Wasser, gefüllt ist, während der übrige Theil, *b c d e*, der Röhre eine specifisch schwerere Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, enthält. Die unmittelbare Folge einer solchen Anordnung wird seyn, daß die Wassersäule *a b* durch die Quecksilbersäule *d e* in die Höhe gehoben werden wird *). Ein solches Heben muß nothwendigerweise

*) Der unterhalb der horizontalen Linie *b d* befindliche Theil des Quecksilbers wirkt hierbei natürlich nur insofern mit, als er die Bewegung verpflanzt.

aber auch eintreten, wenn sich an der Stelle des Wassers und Quecksilbers zwei andere Fluida befinden, welche auf analoge Weise in ihrer specifischen Schwere differiren. Wir können uns also, ohne daß sich an der Wirkungsart etwas ändert, den Röhrentheil ab mit erhitzter und den Röhrentheil $bcde$ mit Luft von gewöhnlicher Temperatur, folglich größerer specifischer Schwere, gefüllt denken. Wenn jetzt die Frage aufgeworfen wird, mit welcher Geschwindigkeit, G, die erhitzte Luftsäule ab, im ersten Momente ihrer durch die kältere Luftsäule de bewirkten Hebung, emporsteigt, so läßt sich dieselbe mit Zuziehung eines elementären Satzes der Hydrostatik sehr leicht beantworten, sobald die Höhe, h, beider Luftsäulen und ihre Temperaturen, t^0 C. und T^0 C., bekannt sind. Es handelt sich alsdann zunächst nur darum, diejenige Höhe H zu ermitteln, welche die kältere Luftsäule de haben würde, wenn man ihre Temperatur von t^0 auf T^0 brächte. Angenommen diese Höhe wäre bekannt, so würde sich die Aufgabe darauf reduciren, die Geschwindigkeit, G, zu bestimmen, mit welcher Luft oder irgend ein anderes Fluidum aus einem damit angefüllten Paare communicirender Röhren ausfließt, von denen eine die Höhe h und die andere die Höhe H besitzt. Die Hydrostatik lehrt, daß diese Geschwindigkeit, G, der Endgeschwindigkeit eines Körpers gleichkommt, welcher von einer Höhe $H - h$ herabfiel, nämlich $= 2\sqrt{g(H-h)}$, wobei g (der Weg, welchen ein frei fallender Körper in der ersten Sekunde durchläuft) zufolge versuchsmäßiger Bestimmung $= 15{,}625$ Rheinl. Fuß zu setzen ist. Jetzt bleibt nur noch übrig, den Werth von H zu bestimmen und in den gegebenen Ausdruck einzuführen. Da die Ausdehnung der Luft, nach Magnus und Regnault, für jeden Grad Celsius 0,003665 ihres Volumens bei 0° beträgt, so läßt sich das Volumen v der t^0 C. warmen Luftsäule de wenn ihr Volumen bei $0^0 = 1$ gesetzt wird, durch $v = 1 + t \,.\, 0{,}003665$ ausdrücken, das Volumen V dieser Luftsäule, wenn wir uns dieselbe bis zu T^0 C. erwärmt denken, aber durch $V = 1 + T \,.\, 0{,}003665$. Wir können daher die Proportion bilden

$$v : V = 1 + t \,.\, 0{,}003665 : 1 + T \,.\, 0{,}003665.$$

Außerdem muß jedoch auch folgende andere Proportion stattfinden:

$$v : V = h : H$$

denn die Volumina zweier Cylinder von gleichem Durchmesser verhalten sich wie ihre Höhen; weshalb man auch setzen kann:

$$h : H = 1 + t \,.\, 0{,}003665 : 1 + T \,.\, 0{,}003665$$

woraus sich ergiebt

$$H = h\,\frac{1 + T \,.\, 0{,}003665}{1 + t \,.\, 0{,}003665}$$

Substituiren wir diesen Werth von H in den Ausdruck $2\sqrt{g\,(H - h)}$, so erhalten wir die gesuchte Geschwindigkeit

$$G = 2\sqrt{g\left(h\,\frac{1 + T.0{,}003665}{1 + t\,.0{,}003665} - h\right)}$$

was sich, wenn man $g = 15{,}62$ einführt, reduciren läßt zu

$$G = 7{,}90\sqrt{h\left(\frac{1 + T.0{,}003665}{1 + t\,.0{,}003665} - 1\right)}$$

Für den Fall, daß der Röhrenschenkel $a\,b$ kein senkrechter, sondern ein schräg laufender, gekrümmter oder dergl. ist, hat man in diese Formel als Werth für h natürlich nicht die ganze Länge jenes Schenkels, sondern nur seine senkrechte Höhe einzuführen, wie dies aus der bekannten Lehre von den communicirenden Röhren unmittelbar hervorgeht.

Wollte man durch einen Versuch ermitteln, ob diese durch Theorie gefundene Geschwindigkeit G wirklich die richtige sey, so würde man sich von dem Gegentheil überzeugen. Wir haben nämlich bei unserer Berechnung zwei wesentliche Umstände außer Acht gelassen: 1) daß die sich bewegende Luft durch Friktion an den Röhrenwänden einen Theil ihrer Geschwindigkeit einbüßt, und 2) daß — da der Versuch natürlich nicht im luftleeren Raume, sondern nur in gewöhnlicher atmosphärischer Luft angestellt werden kann — die erhitzte Luftsäule $a\,b$ bei ihrem Emporsteigen die zunächst über der Röhrenmündung a befindliche Luft von gewöhnlicher Temperatur aus dem Wege zu treiben hat. Beide Umstände, namentlich der letztere, wirken in sehr bedeutendem Grade deprimirend auf jene Geschwindigkeit; um wie viel wissen wir einstweilen nicht, können aber annehmen

$$G = \varrho\,.\,7{,}90\sqrt{h\left(\frac{1 + T\,.\,0{,}003665}{1 + t\,.\,0{,}003665} - 1\right)}$$

in welchem Ausdruck ϱ einen durch Versuche zu bestimmenden Bruch darstellt.

Fig. 82.

Uebertragung des Beispiels.

Es kommt jetzt darauf an, diese theoretischen Betrachtungen auf unsern eigentlichen Zweck, nämlich auf die Darlegung der Wirkungsart der Essen und Roste, überzutragen. Fig. 82 sey der vertikale Durchschnitt einer Esse, an deren unterem Theile, in einiger Entfernung über dem Boden, der Rost r angebracht ist. Auf dem Roste befinde sich irgend ein in Brand gesetztes Brennmaterial, dessen heiße gasförmige Verbrennungs-Produkte bereits den ganzen, oberhalb des Rostes gelegenen Essenraum, von r bis a, ausgefüllt haben. Unterhalb des Rostes ist die eine Essenwand, wie aus der Zeichnung ersichtlich, durchbrochen. Wir können uns nun vorstellen, daß durch diese Wandöffnung

eine mit Luft von gewöhnlicher Temperatur gefüllte Röhre $bcde$ geführt sey, deren untere Mündung unmittelbar unter dem Roste liegt und dieselbe Ausdehnung hat wie dieser. Dadurch erhält man zwei communicirende Röhren, deren eine von r bis a mit erhitzter, und deren andere ganz mit Luft von gewöhnlicher Temperatur gefüllt ist. Dieses Verhältniß ist dem in Fig. 81 vollkommen analog; also wird die im Schornsteine befindliche Luftsäule ra ebenfalls mit der Geschwindigkeit G emporsteigen. Da nun in dem über dem Roste gelegenen Essenraume, so lange sich das Brennmaterial in Brand befindet, stets neue Quantitäten heißer Gase erzeugt werden, und da in die Röhre $bcde$ stets neue Mengen atmosphärischer Luft nachdringen können, so wird hierdurch ein Luftwechsel entstehen, welcher das Brennmaterial stets mit frischer Luft versorgt und die gasförmigen Verbrennungs-Produkte zur Esse hinaustreibt. Aber wenn auch die Röhre $bcde$ nicht vorhanden ist, die übrigen Umstände aber dieselben bleiben, wird sich in diesem Vorgange nichts ändern; denn die Wände jener Röhre können natürlich zur Förderung desselben nichts beitragen, und der Luftdruck, welchen die kältere Luft auf die erhitzte ausübt, bleibt derselbe, ob die Röhre $bcde$ vorhanden ist oder nicht. Folglich wird die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft in einer Esse aufsteigt, ebenfalls ausgedrückt durch

Geschwindigkeit der Luft in einer Esse.

$$G = \varrho \, . \, 7{,}90 \sqrt{h \left(\frac{1 + T \, . \, 0{,}003665}{1 + t \, . \, 0{,}003665} - 1 \right)} \quad (16)$$

in welcher Formel h die Höhe der Esse (von Rost bis Essenmündung), T die Temperatur der gasförmigen Verbrennungs-Produkte innerhalb des Essenraumes, t die Temperatur der atmosphärischen Luft und ϱ einen Coefficienten bedeutet, welcher die durch verschiedenartige Friktion herbeigeführte Verzögerung ausdrückt und durch Versuche näher zu bestimmen ist. **Péclet** hat Versuche dieser Art in großer Anzahl angestellt und dadurch folgende Werthe von ϱ ermittelt.

Péclet's Versuche hierüber

Für gemauerte Essen:

$$\varrho = 1{,}998 \sqrt{\frac{D}{L + 4 \, D}}$$

Für Essen aus Eisenblech:

$$\varrho = 3{,}16 \sqrt{\frac{D}{L + 10 \, D}}$$

Für Essen aus Gußeisen:

$$\varrho = 4{,}47 \sqrt{\frac{D}{L + 20 \, D}}$$

D = dem Durchmesser und L = der Länge der Esse. Hat die Esse, wie in der Regel der Fall, einen quadratischen Durchschnitt, so wird unter D der Durchmesser desjenigen Kreises verstanden, welcher in diesem Durchschnitte

die vier inneren Wandseiten tangentirt. L bezeichnet die ganze Länge des Weges, den die erhitzte Luft vom Roste bis zur Essenmündung durchläuft; also nur bei einer senkrechten Esse, welche in ihrem unteren Theile den Rost einschließt, ist L gleich der Essen-Höhe.

Erläuterungen zur Formel 16.

In Bezug auf das richtige Verständniß und die richtige Anwendung der Formel 16. ist außerdem noch Folgendes zu bemerken.

1. Die Temperatur des heißen Gasstromes in der Esse ist, da die Essenwände stets mehr oder weniger wärmeableitend wirken, dicht über dem Roste stets eine höhere als in der Nähe der Essenmündung, und es würde daher fehlerhaft seyn, sowohl wenn man letztere, als wenn man erstere $= T$ setzen wollte. T ist jedenfalls eine mittlere Temperatur. Nennen wir die Temperatur an der Essenmündung τ und die beim Roste τ', so läßt sich annähernd setzen $T = \frac{\tau + \tau'}{2}$.

2. Der erhitzte Luftstrom in der Esse ist von der atmosphärischen Luft außerhalb derselben nicht bloß durch seine höhere Temperatur, sondern auch durch seine Zusammensetzung verschieden. Ist das auf dem Roste befindliche Brennmaterial ein verkohltes, z. B. Holzkohle, so wird, bei einer vollständigen Verbrennung, der heiße Gasstrom aus Kohlensäure und Stickstoff bestehen, und zwar — da 1 Volthl. Sauerstoffgas mit einer entsprechenden Kohlenmenge zu 1 Volthl. Kohlensäure verbrennt — aus 21 Volthln. Kohlensäure und 79 Volthln. Stickstoff. Dieses Gasgemenge besitzt, wegen des spec. Gew. der Kohlensäure = 1,5245, eine etwas größere specifische Schwere als atmosphärische Luft von gleicher Temperatur. Durch Rechnung findet man das Verhältniß dieser specifischen Gewichte wie 100 : 109. Der heiße Gasstrom in der Esse wird also, wegen seiner größeren spec. Schwere, nur $^{100}/_{109} = 0,92$ von derjenigen Geschwindigkeit erlangen, welche eine eben so stark erwärmte atmosphärische Luft an seiner Stelle erlangen würde. Dadurch, daß ein Theil unverbrannter Luft in die Esse dringt, daß ein Theil Kohle zu Kohlenoxyd verbrennt, daß — besonders bei nicht verkohlten Brennmaterialien — mehr oder weniger Wasserdampf gebildet wird, daß der heiße Gasstrom bei einem starken Zuge auch staubförmige Theile des Brennmaterials emporführt, so wie durch mancherlei andere Umstände treten Modifikationen dieses Coefficienten 0,92 ein, welche denselben im Ganzen näher an 1 rücken machen. Die Formel 16. schließt bereits die hierhergehörigen Correktionen in sich, so weit sich dieselben im Allgemeinen bestimmen lassen.

3. Eine noch weit größere Friktion als an den Essenwänden wird der aufsteigende Luft- und Gasstrom dadurch erleiden, daß er sich sowohl zwischen den Roststäben, als dem darüber aufgeschichteten Brennmaterial hindurchdrängen muß. Durch theoretische Betrachtung läßt sich diese Verzögerung

in der Geschwindigkeit nicht ausfindig machen, und auch durch Versuche würde sie nur allenfalls für einen bestimmten Fall, durchaus aber nicht im Allgemeinen zu ermitteln seyn, weil die Gruppirung der Brennmaterialstücke über dem Roste eine allzu unregelmäßige und veränderliche ist. Auf diese Art der Correktion, obgleich sie eine sehr erhebliche Rolle spielt, konnte daher in der Formel 16. keine Rücksicht genommen werden *). Diese Formel hat folglich, was die genaue Bestimmung von G betrifft, durchaus keinen praktischen Werth.

Gesetze, aus Formel 16. abgeleitet, in Betreff:

Zufolge der letzten Bemerkung sollte man glauben, daß wir uns die Formel 16. hätten ersparen können. Dies ist jedoch nicht der Fall; sondern dieselbe erleichtert die Ableitung verschiedener Gesetze, welche bei der Construktion der Essen von Wichtigkeit sind. In Bezug hierauf möge diese Formel jetzt betrachtet werden.

$$G = \varrho \,.\, 7{,}90 \sqrt{h\left(\frac{1 + \frac{\tau + \tau'}{2}\, 0{,}003665}{1 + t \,.\, 0{,}003665} - 1\right)}$$

Für gemauerte Essen:

$$\varrho = 1{,}998 \sqrt{\frac{D}{L + 4\,D}}$$

Für Essen aus Eisenblech:

$$\varrho = 3{,}16 \sqrt{\frac{D}{L + 10\,D}}$$

Für Essen aus Gußeisen:

$$\varrho = 4{,}47 \sqrt{\frac{D}{L + 20\,D}}$$

Man denke sich zwei Essen von verschiedenen Höhen H und h, übrigens aber von ganz gleicher Beschaffenheit. In beiden Essen brenne dasselbe Brennmaterial unter gleichen Verhältnissen, so daß also für beide Essen τ und t gleiche Werthe haben. Die entsprechenden Geschwindigkeiten der heißen Gasströme seyen G und g. Eine leichte Betrachtung zeigt, daß, wenn man auf Friktion und Wärmeableitung durch die Essenwände keine Rücksicht nimmt, sich solchenfalls verhalten müsse

$$G : g = \sqrt{H} : \sqrt{h}$$

1) der Essenhöhe.

Diese Proportion sagt uns: Unter Nichtbeachtung der Friktion und der Wärmeableitung durch die Essenwände

*) Péclet bediente sich bei seinen zur Ermittelung des Coefficienten ϱ angestellten Versuchen eines Rostes mit sehr weiten Zwischenräumen und bedeckte denselben nur theilweise und mit einer dünnen Schicht Brennmaterial.

verhält sich der Zug in Essen von verschiedenen Höhen — alle übrigen Umstände gleich gesetzt — wie die Quadratwurzeln aus diesen Höhen. Folglich wird z. B. eine 100 Fuß hohe Esse eine doppelt so schnelle Luftströmung verursachen — doppelt so stark ziehen — als eine 25 Fuß hohe. Unter Berücksichtigung der Friktion und der Wärmeableitung wird dies jedoch nicht ganz der Fall seyn; nämlich der Zug einer 100 Fuß hohen Esse wird unter solchen Umständen nicht völlig doppelt so groß als der einer 25 Fuß hohen seyn, wie sich schon aus der Betrachtung der respektiven Friktions-Coefficienten ergiebt. Für eine 100 Fuß hohe, senkrechte, gemauerte Esse ist:

$$\varrho = 1{,}998 \sqrt{\frac{D}{100 + 4D}}$$

Für eine dergleichen Esse von 25 Fuß Höhe:

$$\varrho' = 1{,}998 \sqrt{\frac{D}{25 + 4D}}$$

Da ϱ kleiner ist als ϱ', so wird G durch den Coefficienten ϱ in höherem Maaße vermindert als g durch den Coefficienten ϱ'.

Kleiner als h, die Essenhöhe, kann L, die Essenlänge, unmöglich seyn; also entweder $h = L$ oder $h < L$. Ersteres ist der Fall bei senkrechten Essen. Je weniger h durch L an Größe übertroffen wird, desto größer muß G ausfallen, wie sich aus der Betrachtung unserer Formel leicht ergiebt. Senkrechte Essen sind hinsichtlich der Hervorbringung eines lebhaften Luftzuges die vortheilhaftesten.

2) der Essenrichtung.

Je geringer der Unterschied zwischen τ', der Temperatur des heißen Gasstromes in der Nähe des Rostes, und τ, der Temperatur desselben zunächst der Essenmündung, desto größer wird G werden. Je weniger sich der heiße Gasstrom bei seinem Aufsteigen in der Esse abkühlt, desto stärker der Zug.

3) der Temperatur innerhalb und

Je größer τ und τ' und je kleiner t, desto größer G. Je größer die Temperatur in der Esse und je kleiner außerhalb derselben, desto stärker der Zug.

4) außerhalb der Essen.

Aus der Beschaffenheit der drei verschiedenen Friktions-Coefficienten folgt unmittelbar: Im Allgemeinen und unter gewöhnlichen Umständen ziehen — alle übrigen Verhältnisse gleich gesetzt — eiserne Essen besser als gemauerte.

5) des Baumaterials der Essen.

Regeln für die Construktion der Essen.

Für die Construktion von Essen, bei denen es sich um einen möglichst starken Zug handelt, ergeben sich aus den eben abgeleiteten Gesetzen folgende allgemeine Regeln.

1. Die Esse muß eine senkrechte seyn und eine möglichst große Höhe besitzen.

2. Dieselbe muß eine solche Einrichtung haben, daß der heiße Gasstrom in derselben sowohl eine möglichst hohe Temperatur erlangt, als auch dieselbe bis zur Essenmündung möglichst behält.

3. Die inneren Seiten der Essenwände müssen sowohl in Bezug auf Material als hinsichtlich ihrer Contouren dem heißen Gasstrome möglichst wenig Friktion verursachen.

4. Ueberhaupt sind alle Umstände, welche dem schnellen Entweichen der Essengase hinderlich seyn können, zu vermeiden.

Weitere Ausführung dieser Regeln.

Durch die Regel 2. wird vorgeschrieben: 1) daß die Essenwände nicht zu dünn anzufertigen seyen, um nicht von außen her zu stark abgekühlt zu werden, 2) daß diese Wände einen möglichst hohen Trockenheitsgrad besitzen, damit der heiße Gasstrom keine Wasserdämpfe aus ihnen entwickelt, deren Bildung die Temperatur des ersteren erniedrigen würde, 3) daß die Essenwände vollkommen dicht seyen, wodurch verhindert wird, daß weder kältere Luftströme in den Essenraum eindringen, noch daß ein Theil des heißen Gasstromes unterhalb der Essenmündung entweicht.

Zufolge der Regel 3. sind die inneren Flächen der Essenwände so glatt wie möglich herzustellen. Eine gemauerte und inwendig mit eisernen Platten ausgelegte Esse würde den Regeln 2. und 3. am meisten entsprechen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß eiserne oder mit Eisen ausgefütterte Essen, wegen der leichten Zerstörbarkeit des Eisens durch mancherlei chemische Einwirkungen, sich bei den metallurgischen Processen nur in wenigen Fällen anwenden lassen, so wie daß die inneren Essenflächen — wenigstens in einer gewissen Entfernung von der Feuerstätte — sich sehr bald mit Ruß und anderen Absätzen überziehen.

Durch die Regel 4. endlich werden noch mancherlei andere Vorkehrungen bedingt, wie z. B. die Mündungen der Essen in gewissen Fällen durch zweckmäßige Vorrichtungen (Dächer, Hüte u. s. w.) vor dem Einflusse der Witterung zu schützen; die Roststäbe nicht zu nahe an einander zu legen und ihnen eine zweckmäßige Gestalt zu geben; nicht mehrere kleinere Essen in eine größere münden zu lassen, ohne daß die verschiedenen Gasströme durch Zwischenwände getrennt sind, u. s. w.

Ob den Essen ein runder oder ein quadratischer Querschnitt zu geben sey, darauf kommt im Ganzen wenig an. Von zwei gleich hohen Essen mit gleichen Durchmessern, die eine aber cylindrisch und die andere parallelepipedisch, hat allerdings die erstere, im Verhältniß zu ihrer Capacität, die geringste innere Wandfläche, was jedenfalls eine etwas verminderte Friktion und Wärmeableitung zur Folge haben muß. Diese Vortheile werden aber dadurch einigermaßen compensirt, daß die Aufführung einer cylindrischen Esse mehr Kosten verursacht als einer parallelepipedischen. Wichtiger als die Contour des Querschnittes ist die Größe desselben. In Bezug hierauf

wird später (s. Zweckmäßige Ofen-Construktion und Regulirung der Verbrennungsluft) das Nöthige angeführt werden.

III. Von den Gebläse-Maschinen.

Zweck der Gebläse-Maschinen.

Die Construktion der Schachtöfen und Heerdöfen führt es mit sich, daß zur Herstellung eines starken Zuges in denselben, die Anwendung von Essen keine hinreichenden Dienste zu leisten vermag. Bei allen Oefen dieser Art, in denen metallurgische Processe ausgeführt werden, welche sehr hohe Hitzgrade und daher nicht bloß einen lebhaften, sondern auch einen gepreßten Luftstrom erfordern, wendet man zur Hervorbringung eines solchen Luftstromes Gebläse-Maschinen an. Jedoch auch bei einigen Flammöfen bedient man sich derselben; bei denjenigen nämlich vorzugsweise, in welchen starke und anhaltende Oxydations-Processe betrieben werden sollen.

Eintheilung der Gebläse.

Alle Gebläse-Maschinen oder Gebläse haben das mit einander gemein, daß sie Luft in sich auffaugen, dieselbe mehr oder weniger comprimiren und in diesem Zustande von sich blasen. Je nach der Art, auf welche dies bewirkt wird, besonders aber nach der Beschaffenheit des unmittelbaren Motors der Luft, kann man dieselben in vier Haupt-Abtheilungen bringen, nämlich: 1) Balgengebläse, 2) Kolbengebläse, 3) Wassergebläse (hydrostatische Gebläse), 4) Windradgebläse. Ganz scharf ist diese Eintheilung nicht, da es Gebläse giebt, welche mit keinem vollen Rechte zu einer dieser vier Klassen gezählt werden können.

Da die Funktionen eines Gebläses auf sehr mannichfachen Wegen ausgeführt werden können, so ist die Zahl der verschiedenen Gebläse sehr bedeutend. Es kann sich jedoch hier nicht darum handeln, eine vollständige Beschreibung aller dieser Maschinen zu entwerfen, von denen einige weniger zweckmäßig sind, andere nur unter gewissen Umständen in Betracht kommen, und noch andere in bloß unwesentlichen Punkten von einander abweichen; sondern es wird genügen, die am häufigsten angewendeten und zweckmäßigsten unter denselben zu betrachten.

A. Von den Balgengebläsen.

Der Name dieser Gebläse — auch kurzweg Bälge genannt — schreibt sich von ihrer ältesten unvollkommensten Einrichtung her, nach welcher ihr wesentlichster Theil aus einer Thierhaut, einem Balge, bestand. In neuerer Zeit ist das Leder der Balgengebläse mehr oder weniger durch Holz verdrängt worden, so daß es Gebläse dieser Art giebt, welche

ganz aus Holz angefertigt sind, also, genau genommen, nicht zu den Balgengebläsen gerechnet werden sollten. Daß dies gleichwohl geschieht, wird durch ihre den Balgengebläsen sehr analoge Construktion motivirt. In Folge dieses verschiedenartigen, zu ihrer Herstellung verwendeten Materials, theilt man die Balgengebläse in **Lederbälge** und **Holzbälge**.

Eintheilung der Balgengebläse.

1) Von den Lederbälgen.

Es giebt mehrere Arten derselben, von denen die hauptsächlichsten folgende sind.

Ein einfacher Lederbalg hat ganz die Gestalt und Einrichtung eines gewöhnlichen Blasebalges, wie er bei Küchen- und Stubenfeuern angewendet zu werden pflegt.

Einfacher Lederbalg.

Fig. 83.

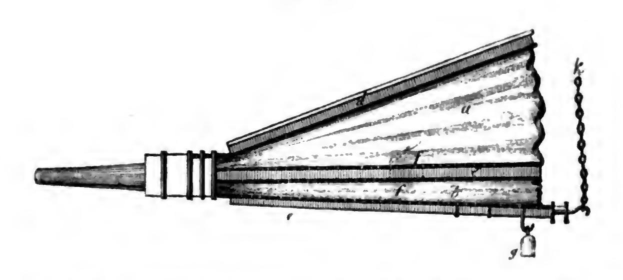


a, der hölzerne **Boden**, welcher bei größeren Lederbälgen auf irgend einer Unterlage befestigt ist; *c*, der **Balgendeckel**, vermittelst eines Scharniers mit dem **Balgenkopf** *b* verbunden. Zwischen Boden und Deckel befindet sich die **Ledereinfassung** *f*, durch Nägel an beide befestigt. *g* ist der Angriffspunkt für die bewegende Kraft. Wird der Deckel *c* niederwärts bewegt, so wird die im Innern des Gebläses befindliche Luft, da sie durch das geschlossene Ventil *d* nicht entweichen kann, durch den durchbohrten Balgenkopf und die konische Blechröhre *e*, die **Düse**, ins Freie getrieben. Beim darauf folgenden Aufwärtsbewegen des Deckels öffnet sich das Ventil *d* und das Gebläse füllt sich von Neuem mit Luft, welche durch Niederdrücken des Deckels abermals ausgepreßt wird. Eine etwas vollkommnere Einrichtung des einfachen Lederbalges besteht darin, daß auch im Balgenkopfe *b* ein Ventil angebracht ist, welches verhindert, daß beim Einsaugen der Luft ein Theil der letzteren **durch die Düse** in das Innere des Gebläses dringt, was verschiedene Uebelstände zur Folge hat. Auch pflegt man, um den Faltenwurf des Leders mehr zu ordnen, einen oder ein Paar Rahmen (Bügel) mit demselben zu verbinden und an den Balgenkopf beweglich zu befestigen.

Einen einfachen Lederbalg mit Reservoir zeigt Fig. 84 in der Seitenansicht.

Einfacher Lederbalg mit Reservoir.

Fig. 84.



Derselbe ist hauptsächlich dadurch von dem vorigen verschieden, daß die eingesogene Luft nicht bei jedem Spiele — Auf- und Niedergange — des Gebläses gänzlich wieder ausgepreßt wird, sondern noch zu entweichen fortfährt, während das Gebläse bereits wieder saugend wirkt. Ein solcher Lederbalg giebt also keinen unterbrochenen, sondern einen unausgesetzten Windstrom. *e*, der hölzerne Balgendeckel mit dem Klappenventile *f*; *e'*, der hölzerne Boden mit einem anderen Klappenventile *f'*; *b*, das Leder, welches Deckel und Boden mit einander verbindet; *d*, der Deckel des Reservoirs, durch das Leder *a* mit dem Boden *e'* verbunden. Der innere Raum dieses Reservoirs communicirt vermittelst des durchbohrten Balgenkopfes mit der Düse. *g*, ein am Deckel *e* befestigtes Gewicht, welches denselben herabzieht, sobald die an der Kette *k* nach oben wirkende Kraft nachläßt. Bewegt diese Kraft den Deckel *e* nach dem Boden *e'*, so wird die in dem eigentlichen Gebläseraume befindliche Luft durch das Ventil *f'* in das darüber befindliche Reservoir gepreßt; hört darauf diese Kraft zu wirken auf, so zieht das Gewicht *g* den Deckel *e* niederwärts, das Ventil *f'* schließt sich und es dringt Luft durch das Ventil *f* in das Gebläse ein. Beim abermaligen Aufwärtsbewegen der Kette *k* wird auch diese Luft in das Reservoir gepreßt. Die in letzterem auf solche Weise angesammelte Luft entweicht nun durch den Druck des beweglichen Deckels *d*, dessen Schwere gewöhnlich noch durch aufgelegte Gewichte, Steine oder dergl. vermehrt wird. Auch bei diesem Gebläse, wie überhaupt bei allen Arten der Lederbälge, ist es rathsam, die vorerwähnten Bügel zur Ordnung des Faltenwurfes anzubringen. — Der Boden *e'* ist bei diesem und dem folgenden Lederbalge stets mit einer feststehenden Unterlage verbunden.

Doppelter Lederbalg mit Reservoir.

Ein **doppelter Lederbalg mit Reservoir** weicht von einem einfachen Balge dieser Art hauptsächlich darin ab, daß sich (s. Fig. 84) unter dem Deckel *e* noch ein feststehender, mit ihm durch eine Leder-Einfassung verbundener Boden befindet. Der Deckel *e* bewegt sich hier

also zwischen zwei feststehenden Böden, so daß sowohl bei seinem Auf= als Niedergehen Luft eingesogen und in das Reservoir gepreßt wird. Der unter *c* befindliche Raum communicirt natürlich durch eine mit einem Ventile versehene Höhlung des Balgenkopfes ebenfalls mit dem Reservoir. Das Einsaugen der Luft in diesen unteren Raum geschieht durch ein im unteren Boden befindliches Ventil. Das Ventil *f* ist dagegen so angebracht, daß bei dem Oeffnen desselben eine Communikation des oberen Gebläseraumes — zufolge eines in *e* angebrachten Kanales — mit der äußeren Luft stattfindet. Eine Abbildung eines solchen Balgengebläses findet man in Karsten's Eisenhüttenkunde, 3te Aufl., Tab. VI., Fig. 8.

Allgem. Bemerk. über die Lederbälge.

Von den hier beschriebenen drei Lederbälgen findet der einfache Lederbalg mit Reservoir die häufigste Anwendung. Der einfache Lederbalg ohne Reservoir wird nur als Hand=Blasebalg gebraucht; die anderen beiden Bälge werden dagegen nach größerem Maaßstabe angefertigt und besonders bei Schmiedefeuern und einigen Heerdöfen angewendet. Dieselben müssen stets so angebracht seyn, daß sie gegen Erwärmung möglichst geschützt sind, weil sonst sowohl Holz als Leder durch Austrocknung leiden und dadurch Undichtheit des Gebläses veranlassen. Gleichwohl ist das Leder, selbst bei Anwendung einer zweckmäßigen Schmiere, mit der Zeit dem Brechen ausgesetzt. Ausgetrocknetes und steif gewordenes Leder veranlaßt zugleich eine schwierigere Beweglichkeit und vermehrt dadurch leicht den **schädlichen Raum**. So nennt man nämlich bei allen Gebläsen denjenigen Theil des inneren Gebläseraumes, welcher während des Luft=Auspressens stets mit comprimirter Luft gefüllt bleibt. Bei den Lederbälgen ist dieser schädliche Raum sehr groß; denn einestheils verhindert die Ledereinfassung die vollkommne Annäherung des Deckels an den Boden, und anderentheils bleiben auch die Falten des Leders während jener theilweisen Annäherung mit comprimirter Luft gefüllt. — Die Ventilklappen der Lederbälge bestehen gewöhnlich aus leichten Holzbrettchen, welche durch lederne Scharniere befestigt sind. An derjenigen Seite, an welcher sie sich fest an den Rand der Ventilöffnung anlegen sollen, sind sie mit Filz oder Wolle gefüttert.

Schädlicher Raum.

Die gewöhnliche, nach der Düse spitz zulaufende Form der Lederbälge, so wie die hierbei erforderlichen Scharniere (Schlösser) geben zu mancherlei Nachtheilen Veranlassung, welche man in neuerer Zeit durch eine zweckmäßigere Form dieser Bälge zu umgehen gesucht hat. Die Anwendung solcher anders gestalteter Lederbälge — bei denen das Holzwerk auch theilweise durch Eisen verdrängt wurde — ist jedoch im Ganzen noch nicht häufig genug, als daß sich ein bestimmtes, auf Erfahrung begründetes Urtheil über die Vorzüge derselben fällen ließe. Auf folgende dieser Gebläse möge jedoch hier aufmerksam gemacht werden: 1) **Paillette's**

Lederbalg (Bull. de la soc. d'encourag., Mai 1837, p. 183, und Dingler's polyt. Journ. Bd. 66, S. 274 und Bd. 68, S. 372), 2) Jeffries' und Halley's Lederbalg (l'Industriel, I. 227 und Karsten's Eisenhüttenk. Bd. 2, S. 493), 3) Mohr's Lederbalg (Dingler's polyt. Journ., Bd. 78, S. 18).

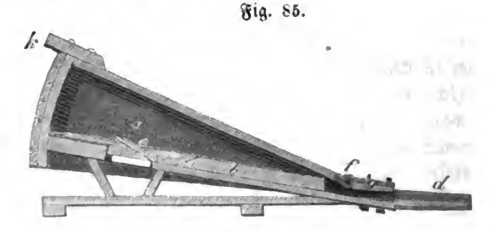
2) Von den Holzbälgen.

Theils wegen der leichten Zerstörbarkeit und Kostbarkeit der Ledereinfassung der Lederbälge, theils wegen der durch sie bewirkten Vergrößerung des schädlichen Raumes, hat man ganz aus Holz angefertigte Bälge construirt. Es giebt hauptsächlich zwei Arten von Holzbälgen. Beide haben im Grundriß eine ähnliche, nach vorn — gegen die Düse — spitz zulaufende Gestalt, wie die vorbeschriebenen Lederbälge, weshalb man alle diese Gebläse auch — lederne und hölzerne — Spitzbälge zu nennen pflegt.

Holzbalg mit beweglichem Oberkasten.

Einen Holzbalg mit beweglichem Oberkasten zeigt die folgende Figur im senkrechten Längen-Durchschnitt.

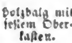
Fig. 85.



a, der pyramidale, unten offene Oberkasten, welcher mit dem durchbohrten Balgenkopfe *g* durch eine Art von Scharnier (Schloß) zusammenhängt, vermittelst dessen er auf und nieder bewegt werden kann; *b*, das Untergestell oder der Unterkasten, in welchem das Ventil *e* angebracht ist. Daß durch ein — vom Angriffspunkte *k* aus bewerkstelligtes — Auf- und Niederbewegen des Oberkastens ein periodisches Luft-Ausströmen durch die Düse *d* bewirkt wird, ergiebt sich von selbst. Damit dieser Luftstrom aber die erforderliche Intensität besitze, ist es nothwendig, daß die inneren Wandflächen des Oberkastens sich möglichst dicht an die seitlichen Contouren des Unterkastens anschließen. Durch bloßes genaues Anpassen der während jener Bewegung mit einander in Berührung kommenden Flächen würde man wenig erreichen; denn einestheils würde dadurch leicht eine starke Friktion entstehen und anderentheils würde eine Abnutzung der betreffenden Stellen sehr bald wieder Undichtheit herbeiführen. Man ist daher genöthigt, das scharfe Anschmiegen durch ein elastisches Mittel, näm-

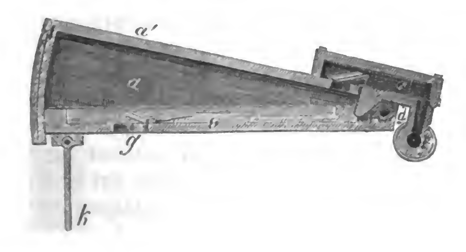
Liederung.

lich durch eine sogenannte **Liederung** zu bewirken, wie dieselbe bei der Mehrzahl der Gebläse erfordert wird. Je nach der Beschaffenheit des Gebläses wendet man verschiedene Arten der Liederung an. Bei den Lederbälgen wird sie gewissermaßen durch die Ledereinfassung vertreten oder vielmehr dadurch entbehrlich gemacht. Bei den Holzbälgen dagegen bedient man sich allgemein einer **Leisten-Liederung**. Auf der oberen Fläche des Unterkastens befindet sich nämlich zunächst ihrer Peripherie eine Einfassung von beweglichen Holzleisten, welche vermittelst Stahlfedern fortwährend gegen die Wände des Oberkastens gedrückt werden. Die Peripherie des Unterkastens braucht sich auf diese Weise nicht dicht an die Wände des Oberkastens anzuschmiegen, denn jene Federn drücken die beweglichen Leisten über diese Peripherie hinaus*). Sehr vortheilhaft in Bezug auf dichten Verschluß und Friktions-Verminderung wirkt es, wenn man die mit den Wänden des Oberkastens in Berührung stehenden Leistenflächen mit Leder überzieht und die inneren Wandflächen mit einem Ueberstrich von Leimwasser und geschlämmtem Graphitpulver versieht, welcher aber von Zeit zu Zeit erneuert werden muß. — Auch dieses Gebläse kann, wie der einfache Lederbalg, durch Anbringung eines Ventils im Balgenkopfe bedeutend vervollkommnet werden.


Holzbalg mit festem Oberkasten.

Die **Holzbälge mit festem Oberkasten** (oder beweglichem Unterkasten) sind besonders unter dem Namen **Widholmsgebläse** bekannt. Nachdem man dieselben schon längere Zeit zuvor in Frankreich angewendet hatte, wurden sie zu Anfang dieses Jahrhunderts mit vervollkommneter Einrichtung von dem Schweden **Widholm** in Schweden eingeführt und haben sich seit dieser Zeit auch in andere Länder verbreitet. In der folgenden Figur erblickt man ein solches Gebläse im senkrechten Längen-Durchschnitt.

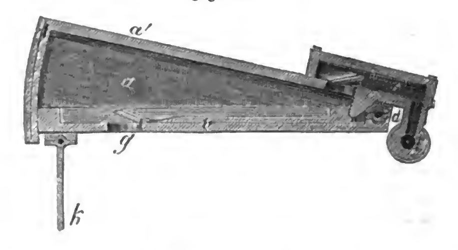

Fig. 86.



*) Die nähere Einrichtung einer solchen Leisten-Liederung zeigen die Fig. 366 und 377 (Tab. XV.) im Atlas zu **Karsten's** System der Metallurgie. —

b, der um die Achse *d* bewegliche Unterkasten; *a*, der unbewegliche Oberkasten, in dessen Deckel *a'* sich das Ventil *c* befindet. Ist letzteres geöffnet, so communicirt der innere Raum des Gebläses durch den Kanal *e* mit der Windleitungsröhre *f*. Durch die mittelst eines Scharnieres an den

Fig. 86.



Unterkasten befestigte eiserne Stange *k*, welche an ihrem unteren Ende mit einem Krummzapfen in Verbindung steht, wird der Unterkasten auf und nieder bewegt. Bei seiner aufwärts gehenden Bewegung schließt sich das Ventil *g* und die comprimirte Luft tritt durch das geöffnete Ventil *c* und den Kanal *e* in das Windleitungsrohr *f*, von wo aus dieselbe auf längerem oder kürzerem Wege zur Düse gelangt. Beim Niedergehen des Unterkastens wird durch das geöffnete Ventil *g* Luft eingesogen und das geschlossene Ventil *c* verhindert den theilweisen Rücktritt der zuvor ausgepreßten Luft. Der Unterkasten ist mit einer ähnlichen Leisten-Liederung versehen, wie solche bei den Holzbälgen mit beweglichem Oberkasten angewendet wird. Damit während des Auf- und Niederbewegens des Unterkastens auch in der Nähe der Achse *d* ein dichter Verschluß entsteht, ist — wie aus der Figur ersichtlich — am niederen Theile des Deckels *a'* ein zungenförmiger Ansatz angebracht, dessen eine cylindrische Seitenfläche sich an eine ähnliche Fläche am Unterkasten dicht anschmiegt.

Allg. Bemerk. über die Holzbälge.

Obgleich der schädliche Raum bei den Holzbälgen dadurch geringer wird als bei den Lederbälgen, daß erstere unbiegsame Wände besitzen, dürfte derselbe im Ganzen dennoch bei beiden nicht sehr verschieden seyn. Was nämlich in dieser Hinsicht durch die Unbiegsamkeit der Wände gewonnen wird, geht zum Theil wieder dadurch verloren, daß die erforderliche Beweglichkeit der Leisten-Liederung ebenfalls zur Entstehung eines schädlichen Raumes Veranlassung giebt. Außerdem ist es bei den Holzbälgen eben so wenig möglich, eine vollkommene Annäherung der bewegten Fläche an die feststehende zu erreichen, nämlich z. B. beim Widholmsgebläse den Unterkasten bis dicht unter den Deckel des Oberkastens zu heben. Aber selbst zugegeben, daß sorgsam construirte Holzbälge weniger schädlichen Raum haben können,

als gute Lederbälge, so wird dieser Vortheil durch gewisse Unvollkommenheiten der ersteren mehr oder weniger compensirt. Für's Erste ist es, wenn nicht unmöglich, doch äußerst schwierig, sie so luftdicht herzustellen, wie gute Lederbälge. Für's Zweite erfordern sie eine bedeutend größere bewegende Kraft, theils wegen der Schwere ihres bewegten Gezeuges, theils wegen der nicht unbeträchtlichen Friktion, welche namentlich im Schlosse (dem Scharniere des beweglichen Unter- oder Oberkastens) stattfindet.

B. Von den Kolbengebläsen.

Kolbengebläse nennt man diejenigen Gebläse-Maschinen, bei denen das Einsaugen und Auspressen der Luft vermittelst eines Kolbens bewerkstelligt wird. Was man unter Kolben versteht, kann als bekannt vorausgesetzt werden. Was sich weder bei den Leder- noch Holzbälgen erreichen ließ, nämlich die vollkommene Annäherung der bewegten Fläche an die gegenüberliegende feststehende, wird bei den Kolbengebläsen, wenn auch nicht vollkommen, doch in weit höherem Grade erreicht. Man kann dieselben auf verschiedene Weise eintheilen; entweder nach dem Materiale, aus welchem sie hauptsächlich bestehen (Holz oder Eisen), oder nach der Gestalt des Gefäßes, in welchem sich der Kolben bewegt. Letzteres möge hier geschehen. Die Kolbengebläse zerfallen solchenfalls in Kasten-Gebläse und Cylinder-Gebläse.

Eintheilung der Kolbengebläse.

1) Von den Kastengebläsen.

Bei den Kastengebläsen bewegt sich der Kolben in einem prismatischen Kasten, und zwar entweder in vertikaler oder horizontaler Richtung. Gebläse der ersten Art nennt man stehende, die der anderen Art liegende Kastengebläse. Dieselben sind entweder einfach-wirkend oder doppelt-wirkend. Gewöhnlich fertigt man sie aus Holz, mitunter aber auch aus Eisen an.

Fig. 87.

Ein stehendes, einfach-wirkendes Kastengebläse zeigt Fig. 87 im Vertikal-Durchschnitt.

Stehendes, einfach-wirkendes Kastengebläse.

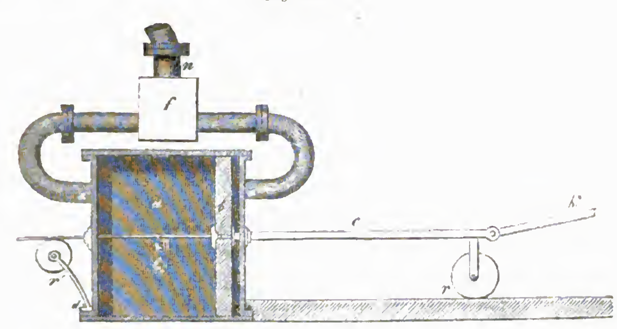
a, der im Querschnitte quadratische, unten offene Kasten, aus Holz angefertigt; *b*, der in diesem Kasten auf und ab bewegte Kolben; *c*, die daran befestigte Kolbenstange, an deren unterem Theile der Angriffspunkt für die bewegende Kraft sich befindet; *d*, *d*, zwei Einsaugungs-Ventile; *e*, das Ausströmungs-Ventil; *f*, die Wind-Lutte oder der Wind-

leitungs-Kanal. Bei jedem Niedergange des Kolbens strömt durch die geöffneten Ventile d, d Luft in den Kasten ein, bei jedem Aufsteigen des Kolbens wird sie — unter Schließung der Ventile d, d und Oeffnung des Ventils c — in die Wind-Lutte gepreßt und von hier zur Düse geleitet. Zur möglichsten Vermeidung der Friktion ist der Kolben an seiner oberen Fläche mit einer ähnlichen Leisten-Liederung versehen, wie man sich derselben bei Holzbälgen bedient. In dieser Hinsicht ist also ein solches Kastengebläse nicht vollkommner eingerichtet als ein Holzbalg, allein die Verhältnisse gestatten, wie bereits erwähnt wurde, bei ersterem eine vollkommnere Annäherung der bewegten Fläche an die gegenüberliegende feststehende, als bei letzterem. Die Friktion wird ferner noch dadurch wesentlich vermindert, daß man — besonders bei der Anwendung von weichem Holze — den Kasten so construirt, daß die Holzfasern der Seitenwände senkrecht stehen, der Kolben sich also parallel mit ihnen bewegt. Um aber das Werfen dieser Wände möglichst zu verhüten, ist es gut, auf dieselben noch eine äußere Holzlage zu leimen, deren Fasern horizontal, also rechtwinklig gegen die der inneren Holzlage laufen. Dieses Kunstgriffs bedient man sich auch mit Vortheil bei Anfertigung der hölzernen Ventilklappen, welche sich sonst leicht krümmen. — Es giebt Gebläse dieser Art, deren Kästen nach oben offen sind, bei welchen daher das Auspressen der Luft durch den Niedergang des Kolbens bewirkt wird. Ein solches Gebläse ist also nur das vorbeschriebene in umgekehrter Stellung. Es hat jedoch seine Vortheile, die bewegende Kraft unterhalb des Kolbens wirken zu lassen. — In neuerer Zeit hat man angefangen, anstatt der unvollkommnen Leisten-Liederung, sich einer Roßhaar-Liederung bei den Kastengebläsen zu bedienen. Dieselbe besteht in einer mit Leder überzogenen Wulst von Roßhaaren, welche rings um den Kolben läuft und durch Schrauben gegen die Kastenwände gedrückt wird. Natürlich dürfen Kasten und Kolben hierbei keine scharfen Ecken haben, sondern diese müssen abgestumpft, am besten abgerundet seyn. Nur in letzterem Falle wird das vollkommne Anschmiegen der Liederung an alle betreffenden Stellen der Kastenwände erreicht. Als Schmiermittel einer solchen Liederung hat man Graphit oder Venetianische Kreide angewendet. (S. Heyßl, über Gebläseliederung, Berg- und hüttenm. Zeitg., Jahrg. 2, S. 281.) Ein Ueberstrich aus geschlämmtem Graphit und Leimwasser dürfte jedoch vorzuziehen seyn.

Liegendes, doppelt-wirkendes Kastengebläse.

Ein liegendes, doppelt-wirkendes Kastengebläse zeigt die folgende Figur im Vertikal-Durchschnitt.

Fig. 88.



a, der an allen Seiten geschlossene Kasten, in welchem der Kolben *b* horizontal hin- und herbewegt wird. Derselbe besteht aus 6 an einander geschraubten gußeisernen Platten, von denen diejenigen 4, welche vom Kolben bestrichen werden, an den betreffenden Seiten möglichst eben und glatt hergestellt sind, sowohl um dadurch die Friktion zu vermindern, als auch um die Kolben-Liederung möglichst dicht anschließen zu lassen. Diese Liederung besteht nicht aus beweglichen Leisten, sondern hat eine ähnliche Beschaffenheit wie die, welche wir bei den Cylinder-Gebläsen kennen lernen werden. Die Kolbenstange *c* läßt sich durch eine mit einer einfachen Stopfbüchse (s. Cylinder-Gebläse) versehene Durchlochung der einen Kastenwand luftdicht hin- und herbewegen. Zur sichereren Leitung des Kolbens und der Kolbenstange, dient eine dünnere Stange *s*, welche gewissermaßen eine Fortsetzung von *c* bildet und ebenfalls durch eine der vorerwähnten gegenüberliegende Stopfbüchse läuft. Da sowohl Kolben als Kolbenstangen mit ihrer nicht geringen Schwere nach unten drücken und daher an den unteren Theilen der Stopfbüchsen oder an der Bodenplatte des Kastens eine stärkere Reibung als an anderen Stellen verursachen, folglich die Maschine an jenen Orten am frühesten abnutzen würden, so hat man diesen einseitigen Druck durch die beiden Friktions-Rollen *r* und *r'* zu compensiren gesucht, von denen die letztere durch die Feder *d* aufwärts gedrückt wird. Die Rolle *r* trägt außerdem noch zur sicheren Leitung bei. *k* ist eine durch ein Gelenk an *c* befestigte Stange, welche mit einem Krummzapfen in Verbindung steht. Durch letzteren wird der Kolben hin- und herbewegt und treibt dadurch die eingesogene Luft einmal in die Windleitungsröhre *e*, das andere Mal in *e'*; beidemal gelangt die Luft in den Sammlungskasten *f* und wird

von hier durch die Röhre *n* weiter geführt. Bei *e* und *e'* befinden sich natürlich die erforderlichen Ventile. An denselben Kastenwänden wie letztere, und zwar nicht weit vom Boden, sind die Einsaugungs-Ventile angebracht, welche in der Figur nicht zu sehen sind, da dieselbe keinen durch die Mitte des Gebläses gehenden Durchschnitt darstellt. Mehreres des hier Angegebenen wird bei der Beschreibung des Cylinder-Gebläses deutlicher werden.

2) Von den Cylindergebläsen.

Bei der Beschreibung der vorhergehenden Gebläsemaschinen hat es sich herausgestellt, daß die möglichste Vermeidung des schädlichen Raumes und der Undichtheit, so wie eine möglichst geringe und dabei gleichmäßig vertheilte Friktion zu den Haupt-Ansprüchen gehören, welche man an ein gutes Gebläse macht. Ferner können als solche Ansprüche noch hinzugefügt werden: Dauerhaftigkeit und — in gewissen Fällen wenigstens — das Vermögen, eine bedeutende Menge stark gepreßten Windes zu liefern. Keines der beschriebenen Gebläse genügt diesen Forderungen so vollkommen, wie das Cylindergebläse. Seiner Haupt-Einrichtung nach steht dasselbe dem Kastengebläse sehr nahe, von dem es sich besonders nur dadurch unterscheidet, daß sich der Kolben in keinem prismatischen Kasten, sondern in einem Cylinder bewegt und daß es stets aus Eisen angefertigt ist. Beide diese anscheinend nicht sehr wesentlichen Umstände gewähren aber, wie wir sehen werden, große Vortheile, welche sich auf keinem anderen Wege erreichen lassen. — Es giebt einfach- und doppelt-wirkende Cylindergebläse. Die ersteren werden nur selten angewendet, weil ihre etwas geringere Kostbarkeit nicht mit ihrem bedeutend geringeren Effekte im Verhältniß steht.

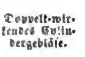
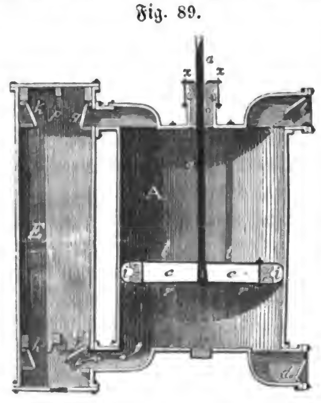


Fig. 89.



Ein doppelt-wirkendes Cylindergebläse mit dem dazu gehörigen Windsammlungskasten erblickt man in Fig. 89 im Vertikal-Durchschnitt.

A, der Cylinder; *B*, der Windsammlungskasten; *b* u. *d*, Einsaugungs-Ventile; *f* u. *g*, Ausströmungs-Ventile. Alle diese Ventile sind in besonderen kleinen Kästen, Ventil-Kästen, angebracht. Die Ventil-Kästen der Einsaugungs-Ventile sind, wie man aus der Zeichnung ersieht, größer als die der Ausströmungs-Ventile, weil durch erstere gewöhnliche atmosphärische

Luft, durch letztere dagegen comprimirte strömt. *a*, die Kolbenstange, an deren unterem Ende sich der Kolben befindet, dessen einzelne Theile später erläutert werden sollen. Auf dem Deckel des Cylinders ist die Stopfbüchse *o* angebracht, von deren näherer Einrichtung ebenfalls später die Rede seyn wird. Dieselbe dient der Kolbenstange zur sicheren und luftdichten Leitung und veranlaßt hierbei zugleich nur eine sehr geringe Friktion. *n*, eine Vertiefung im Cylinder-Boden, einem Vorsprunge an der unteren Seite des Kolbens entsprechend. Die Wirkungsart dieses Gebläses bedarf, nach der Angabe seiner Theile, kaum noch einer Auseinandersetzung. Durch das Aufsteigen des Kolbens strömt — indem sich das Ventil *f* schließt und sich *d* öffnet — Luft in den unteren Theil des Cylinders ein, während zugleich — indem sich *b* schließt und *g* öffnet — Luft aus dem oberen Theile des Cylinders in den Windsammlungskasten gepreßt wird. Das Niedergehen des Kolbens hat die entgegengesetzten Wirkungen zur Folge. — Theils um die Windmenge zu vermehren, theils auch noch aus einem anderen, später zu berührenden Grunde, pflegt man zwei, nicht selten auch drei Blase-Cylinder wie der beschriebene neben einander zu setzen und den von ihnen gelieferten Wind in einen gemeinschaftlichen Windsammlungskasten gehen zu lassen. Sind zwei Cylinder vorhanden, so bringt man letzteren gewöhnlich zwischen ihnen an, wie Fig. 89 zeigt, in welcher *h* und *k* die Ausströmungs-Ventile des zweiten (nicht in der Zeichnung vorhandenen) Cylinders sind.

Da das Cylinder-Gebläse unleugbar die wichtigste und vollkommenste Gebläse-Maschine ist, deren Anwendung eine immer allgemeinere werden dürfte, so erscheint es motivirt, daß wir seiner Einrichtung eine ausführlichere Betrachtung widmen, als solche hinsichtlich der vorbeschriebenen Gebläse in unserem Zwecke liegen konnte. In dem Folgenden werde daher eine nähere Beschreibung der wichtigsten Theile eines Cylinder-Gebläses gegeben.

Wichtigste Theile eines Cylinder-Gebläses:

1) Cylinder.

Der Cylinder besteht aus drei Haupttheilen: dem eigentlichen Cylinder, dem Deckel und dem Boden. — Der eigentliche Cylinder ist oben und unten offen, an seinem oberen und unteren Rande mit auswärts gehenden Kränzen versehen, in denen die nöthigen Schraubenlöcher zur Aufschraubung des Deckels und Bodens befindlich sind. An den Stellen, wo später die Ventil-Kästen über die Wände des Cylinders hinausragen, haben die Kränze Vorsprünge, welche die Böden der aufgeschraubten Ventil-Kästen bilden. Der ganze Cylinder mit seinen Kränzen und Vorsprüngen (Lappen) ist als ein Stück gegossen. Er muß aus sehr dichtem, möglichst homogenem und nicht zu grauem Roheisen bestehen. Das stark graue Roheisen darf deswegen nicht zu seinem Gusse verwendet werden, weil es während der Erstarrung leicht größere Graphitpartien ausscheidet, welche bei dem späteren Ausbohren der inneren Cylinderfläche zu einer unebenen Beschaffenheit der letzteren Veranlassung geben können. Je voll-

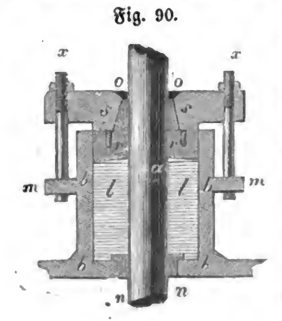
27

kommner glatt diese innere Fläche hergestellt ist, desto weniger Friktion verursacht die Bewegung des Kolbens und desto besser schließt die Kolben-Liederung. Der Deckel des Cylinders, die oberen Theile der Ventil-Kästen und die cylindrische Umfassung der Stopfbüchse bilden gewöhnlich ein einziges Gußstück; dasselbe gilt in Bezug auf den Boden und die hier befindlichen Ventil-Kästen. Deckel und Boden sind natürlich mit Schraubenlöchern versehen, welche denen in den beiden Kränzen des eigentlichen Cylinders angebrachten entsprechen. Ehe die Zusammenfügung dieser drei Theile mittelst Schrauben und Muttern geschieht, bringt man einen dünnen Ring von Blei oder auch Hanf auf die Kränze, welcher beim Anziehen der Schrauben zusammengepreßt wird und dadurch einen dichten Verschluß bewirkt, der sich selbst durch Aneinanderschleifen der betreffenden Stellen schwierig erreichen lassen würde. Auch ein Ring von weichem Kupfer thut sehr gute Dienste. In dem Deckel jedes größeren Blase-Cylinders pflegt zugleich eine quadratische, durch eine aufgeschraubte Platte wohl verschlossene Oeffnung angebracht zu seyn, welche dazu dient betreffenden Falls in das Innere des Cylinders gelangen zu können.

t) Windsammlungskasten.

Der **Windsammlungskasten** ist ein parallelepipedischer, aus eisernen Platten vollkommen dicht zusammengeschraubter Kasten, in welchen die Ventil-Kästen der Ausströmungs-Ventile ausmünden. Die Ventil-Kästen haben nämlich an ihren Mündungen rechtwinklich umgebogene und durchlochte Ränder, vermittelst deren sie an den Windsammlungskasten angeschraubt werden. Letzterer ist an der inneren Seite seiner oberen Wandung oder doch in der Nähe derselben gewöhnlich mit einer Vorrichtung p versehen, um das zu weite Aufschlagen der dort befindlichen Ventil-Klappen zu verhindern, weil dieselben sonst leicht in aufgeklappter Stellung stehen bleiben können, was durch die gegenüber einschießenden Luftströme begünstigt wird. Eine gleiche Vorrichtung sichert das Zufallen der unteren Ventil-Klappen. In dem abgebildeten Gebläse besteht dieselbe aus Stahlfedern. Die Oeffnung m in der Bodenplatte steht mit der Windleitungsröhre in Verbindung.

Fig. 90.



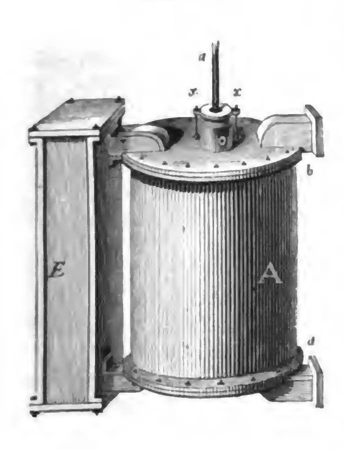
u) Stopfbüchse.

Die **Stopfbüchse** (o, Fig. 89) dient zur möglichst luftdichten und reibungslosen Leitung der Kolbenstange. Sie ist in der nebenstehenden Fig. 90 in größerem Maaßstabe für sich abgebildet, und zwar im Vertikal-Durchschnitt mit einem darin befindlichen Stück der Kolbenstange und einem Theile des Cylinder-Deckels.

b, die äußere cylindrische Einfassung der Stopfbüchse, welche einen Theil des Cylinder-

Deckels ausmacht; *a* ein Stück der Kolbenstange; *n*, *r* und *s* verschieden gestaltete Messingringe, welche die Kolbenstange an verschiedenen Stellen umgeben; *l*, über einander liegende ringförmige Hanfgeflechte oder Lederscheiben, welche in Fett getränkt sind und durch das Niederdrücken des Stopfbüchsen-Deckels scharf an einander und gegen die Kolbenstange gepreßt werden. Das Niederdrücken dieses Deckels bewirkt man durch das Anziehen der Schrauben *x*, *x*, deren Muttern sich oberhalb des Deckels und deren Köpfe sich unterhalb der — an die Stopfbüchsen-Einfassung angegossenen — Lappen *m*, *m* befinden. In dem oberen Theile des Stopfbüchsen-Deckels, bei *o*, *o*, läuft eine ringförmige Vertiefung um die Kolbenstange, in welche das zur Schmierung dienende Oel gegossen wird. Da die Messingringe *s*, *r* der hindurchgehenden Kolbenstange etwas Spielraum lassen, so dringt das Oel bis auf die eigentliche Liederung *l* nieder, was durch die Bewegung der Kolbenstange noch begünstigt wird. Dichter als die Ringe *r*, *s*, schmiegt sich der Messingring *n* an die Kolbenstange. Derselbe ist oben mit einem ringförmigen Vorsprunge versehen, welcher sein Niederdrücken verhindert. — Eine perspektivische Ansicht des ganzen Blase-Cylinders, mit Ventil-Kästen und Stopfbüchse, so wie des Windsammlungskastens giebt die folgende Figur.

Fig. 91.



A, der Cylinder; *E*, der Windsammlungskasten; *o*, die Stopfbüchse; *x*, *x*, die Schrauben zum Zusammenpressen der Liederung; *a*, die Kolbenstange. Zugleich ersieht man aus der Zeichnung die Gestalt der Ventil-Kästen, welche aus deren Durchschnitten, Fig. 89, nicht genau hervorging. Der zweite, auf der anderen Seite des Windsammlungskastens, gegenüber *A*, befindliche Cylinder ist auch in Fig. 91 weggelassen, da er vollkommen die Gestalt des Cylinders *A* besitzt.

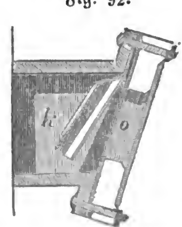
4) Ventile.

Die zweckmäßige Construktion der **Ventile** ist bei den Cylinder-Gebläsen, wie überhaupt bei allen Gebläsen, von besonderer Wichtigkeit. Die Haupt-Erfordernisse hierbei sind der dichte Verschluß und die leichte Beweglichkeit derselben, so wie ferner, daß durch ihre Anbringung kein zu großer schädlicher Raum gebildet wird. Den beiden ersten Forde-

Erste Art der Ventile.

rungen genügt ein Ventil, welches die in Fig. 92 angegebene Construktion besitzt.

Fig. 92.

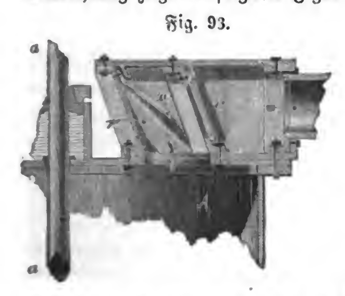


Die Figur stellt den vorderen Theil eines Ventil-Kastens mit dem an seiner Mündung angebrachten Ventile im senkrechten Durchschnitt dar. *k*, das Innere des Ventil-Kastens; *v*, die Ventil-Klappe; *o*, die Ventil-Oeffnung. Die Ventil-Klappe wird durch zwei über einander geleimte leichte Brettchen gebildet, deren Fasern zur Verminderung des Werfens, sich rechtwinklich kreuzen. Die Rückseite der Klappe ist mit Leder und die Vorderseite mit Filz beleimt; das Leder ist außerdem noch durch Nägel befestigt. Diese Leder- und Filzscheiben ragen am oberen Theile der Klappe so weit hervor, daß sie zugleich als Scharnier derselben benutzt werden können. Sie sind nämlich zwischen dem Kranze des Ventil-Kastens und dem Ventil-Rahmen (in welchem sich die Oeffnung *o* befindet) eingeklemmt, und dieselben Schrauben, welche den hölzernen Ventil-Rahmen mit dem Halse des Ventil-Kastens verbinden, bewirken auch die Befestigung oder vielmehr Aufhängung der Ventil-Klappe. Auf der inneren Seite des Rahmens, rings um die viereckige Oeffnung *o*, ist eine Einfassung von dünnem Schaaffell angebracht, auf welche die geschlossene Ventil-Klappe zu ruhen kommt; man pflegt auch wohl die ganze innere Seite des Rahmens mit Schaaffell zu überleimen, so daß dasselbe zugleich zum dichten Anschließen des Rahmens an den eisernen Ventil-Kasten beiträgt. Durch die aus der Figur ersichtliche schräge Stellung des Ventils wird bewirkt, daß sich dasselbe von selbst schließt, sobald es von dem eindringenden Luftstrome nicht mehr gehoben wird. — Das hier beschriebene Ventil ist ein Einströmungs-(Sauge-) Ventil. Die Ausströmungs-Ventile haben eine ganz analoge Einrichtung. Daß ein Ventil der letzteren Art stets größer gemacht wird, als eins der ersteren, wurde bereits angeführt. Das Einströmungs-Ventil darf nicht unter einer gewissen Größe seyn, damit das Einströmen der Luft nicht zu sehr behindert wird und sich der Cylinder mit keiner verdünnten Luft füllt; bei dem Ausströmungs-Ventile braucht man eine solche Rücksicht natürlich nicht zu nehmen. Da nun jeder Ventil-Kasten zur Vermehrung des schädlichen Raumes beiträgt, so gewährt es in dieser Hinsicht Vortheil, den Kasten des Ausströmungs-Ventils, und also auch dieses Ventil selbst, möglichst klein anzufertigen. Am vortheilhaftesten würde es seyn, gar keine Ventil-Kasten anzuwenden. Solchenfalls müßten die Ventil-Oeffnungen unmittelbar im Boden und Deckel des Cylinders angebracht seyn und die Klappen derselben eine horizontale Lage haben. Diese Lage würde aber mit dem Nachtheile verbunden seyn, daß das Einströmungs-Ventil im

Deckel und das Ausströmungs-Ventil im Boden sich nicht mehr von selbst — durch die Schwere der Klappen — schlössen, sondern ein stetes Bestreben offen zu bleiben haben würden, welchem sich durch Anbringung von Federn, Gegengewichten und dergl. nur unvollkommen entgegenarbeiten lassen würde. Eine Undichtheit dieser Ventile oder eine zu schwierige Beweglichkeit derselben würden die Folgen seyn. Es giebt jedoch eine Stellung der Ventile, bei welcher letzteres nicht der Fall ist, und die den betreffenden schädlichen Raum, wenn auch nicht ganz beseitigt, doch wenigstens vermindert. Diese Einrichtung zeigt die folgende Figur.

Zweite Art der Ventile.

Fig. 93.



A, ein Theil der oberen Hälfte eines Gebläse-Cylinders nebst einem Theile der Stopfbüchse und der Kolbenstange *a*. Auf dem Cylinder-Deckel ist nur ein Ventil-Kasten angebracht, in welchem sich beide Ventile, das Sauge-Ventil *v* und das Ausströmungs-Ventil *v'* befinden. In der Zeichnung ist die Stellung der Ventile so dargestellt, wie dieselbe während des Kolben-Niederganges stattfindet; während durch das geöffnete Ventil *v* Luft einströmt, ist das Ventil *v'* geschlossen. Beim Aufsteigen des Kolbens findet das Umgekehrte statt. Der durch beide Ventile veranlaßte schädliche Raum ist kaum größer, als er bei der vorbeschriebenen Einrichtung durch eins derselben veranlaßt werden würde. Bei einem doppelt wirkenden Cylinder-Gebläse sind am Boden des Cylinders zwei Ventile ganz analoger Construktion angebracht. — Mitunter zieht man es vor, anstatt Ventil-Klappen von Holz, deren von dünnem Eisenblech anzuwenden, wodurch man dem Uebelstande des Werfens gänzlich entgeht. — Die nach außen mündenden Ventil-Oeffnungen pflegt man mit einem großmaschigen Drahtnetz zu überziehen, was allerdings das Einströmen der Luft erschwert, aber gegen das Hineinfallen größerer Körper in das Innere des Cylinders sichert.

Der Kolben eines Cylinder-Gebläses besteht aus zwei Haupttheilen: dem eigentlichen Kolben oder der Kolbenscheibe und der Liederung. Die Figuren 94, *a*, *b*, *c* zeigen die nähere Einrichtung derselben.

b) Kolben. Erste Art der Kolben-Liederung.

(*a*) die obere Ansicht der Kolbenscheibe; (*b*) der Vertikal-Durchschnitt des Kolbens; (*c*) die Liederung, mit einem Theile des Kolbens. Man er-

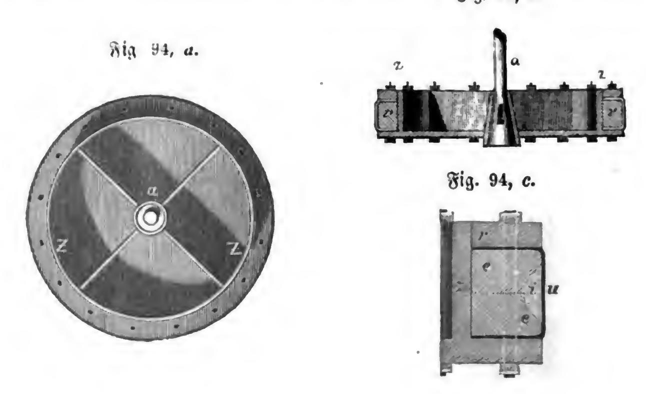


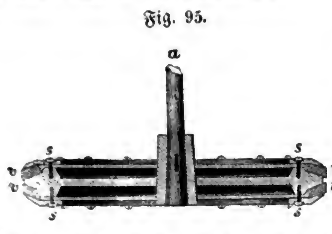
Fig. 94, *a*. Fig. 94, *b*. Fig. 94, *c*.

sieht aus der Zeichnung, daß rings um die Kolbenscheibe, in einiger Entfernung von ihrer Peripherie, ein erhöhter Rand *z z* läuft, innerhalb dessen sich 4 radiale Wände befinden, die sich nach dem Centrum hin an einen hohlen, abgestumpften Konus anschließen, in welchem der unten ebenfalls konische Theil der Kolbenstange *a* steckt. Zur besseren Befestigung der letzteren dient ein durch entsprechende Oeffnungen eingeschobenes Eisenstück (Splint). Der Raum zwischen den radialen Wänden ist, zur Vermeidung des schädlichen Raumes, mit Holz ausgelegt. Die Liederung läuft rings um die äußere Fläche des ringförmigen Randes *z z*. Sie besteht aus 2 Holzringen *e, e*, welche einen ringförmigen Raum *i* zwischen sich lassen, der gewöhnlich mit Wolle ausgefüllt wird. Die Anbringung zweier ringförmiger Lederscheiben, welche bei *u* dicht zusammenstoßen, ersieht man aus der Zeichnung. Durch den eisernen Liederungsring *r* und durch das Anziehen der Schraube *s* wird die ganze Liederung zusammengedrückt und dadurch theilweise gegen die innere glatte Wandfläche des Cylinders gepreßt. Die gedachten Lederscheiben tragen sehr viel zur Luftdichtheit dieser Liederung bei. Selbst wenn die comprimirte Luft den Druck der Liederung gegen den Cylinder überwände, würde sie doch nur schwierig aus dem einen — unteren oder oberen — Theile des Cylinders in den anderen gelangen können, da der Luftdruck stets ein noch festeres Anlegen einer der beiden Lederscheiben an den Cylinder bewirken wird. — Außer der hier beschriebenen Liederung giebt es noch mehrere andere Arten derselben, welche jener aber mehr oder

weniger an Zweckmäßigkeit nachstehen dürften. Nur von der folgenden läßt sich dies vielleicht nicht behaupten.

Zweite Art der Kolben-Liederung.

Fig. 95.



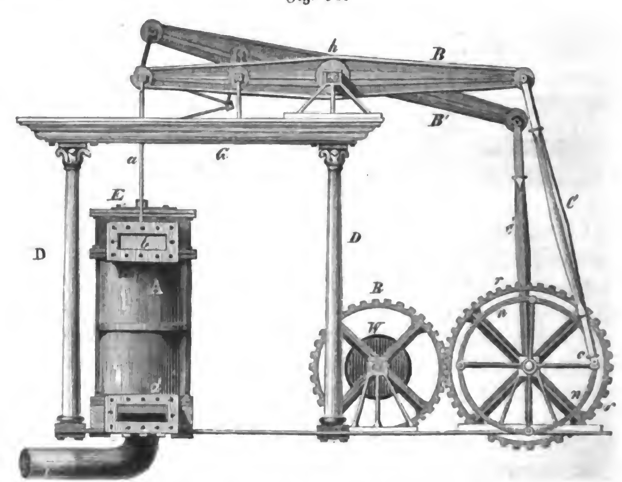
Es sind hier zwei Liederungsringe, *v*, *v*, ein unterer und ein oberer, angebracht, welche aus über einander gelegten Leinwandstreifen — am besten Streifen von starkem Schiffssegeltuch — bestehen, die zuvor in eine Emulsion von fein zertheiltem Graphit getaucht und darauf getrocknet worden sind. Eine solche Emulsion wird durch Einrühren von Graphitpulver in dünnes Kleisterwasser erhalten. Die Streifen müssen so geschnitten und angebracht seyn, daß die Leinwandfasern — sowohl Kette als Einschuß — in ihrer gemeinschaftlichen Ebene unter Winkeln von etwa 45° gegen die innere Peripherie des Cylinders zu liegen kommen, wodurch die Dauerhaftigkeit dieser Liederung sehr vergrößert wird. Daß beide Liederungsringe gegen einander geneigt eingespannt werden, geht aus der Figur hervor, ebenso, daß sie durch Schrauben, *s*, *s*, festgehalten werden, welche durch die eisernen Liederungsdeckel bis in die Kolbenscheibe niedergehen. Die zwischen den radialen Wänden der letzteren befindlichen leeren Räume — welche bei dieser Art des Kolbens sowohl auf der unteren als oberen Seite vorhanden sind — werden wie bei dem vorbeschriebenen Kolben mit Holz ausgefüttert.

Triebwerk eines Cylinder-Gebläses.

Die bis hierher beschriebenen Theile eines Cylinder-Gebläses betreffen nur die eigentliche Gebläse-Vorrichtung, geben aber noch keine Idee von der Art, auf welche dieselbe in Thätigkeit gesetzt wird. Dies wird durch die folgende Figur deutlich werden, welche ein aus zwei doppeltwirkenden Cylindern und Windsammlungskasten bestehendes Gebläse darstellt.

A, der eine der beiden Blase-Cylinder von der Seite gesehen, so daß man dadurch die vordere Ansicht der beiden Sauge-Ventile b und d erhält.

Fig. 96.



Hinter diesem Cylinder ist ein Theil des Windsammlungskastens E sichtbar, welcher den dahinter befindlichen zweiten Cylinder verdeckt. Das Windleitungsrohr l führt den gepreßten Wind aus dem Windsammlungskasten zur Düse. a, die zum Cylinder A gehörige Kolbenstange, durch welche die zum anderen Cylinder gehörige verdeckt wird; B, ein um sein Hypomochlion h beweglicher Balancier, welcher vorn durch ein sogenanntes Parallelogramm *) mit der Kolbenstange a, hinten aber durch die Kurbelstange (Pleilstange) C mit dem Rade n verbunden ist. Letzteres sitzt an derselben Achse wie das Stirnrad r, in welches ein kleineres Stirnrad R eingreift. Die Welle W wird durch irgend eine Triebkraft — bei diesem Gebläse ein Wasserrad — in Bewegung gesetzt und bewegt dadurch das Stirnrad R, von welchem sich die Bewegung durch r auf n fortpflanzt. In Folge hiervon wird die Triebstange C wie durch einen Krummzapfen, und die Kolbenstange a durch Vermittelung des Balanciers auf- und niederbewegt. Die an einem gleichen Rade wie n befestigte Triebstange C' bewirkt auf ganz analoge Weise, vermittelst des Balanciers B', die Bewegung der zum zweiten Cylinder gehörigen Kolbenstange. Die Zapfenlager beider Balanciers ruhen

*) Ein näheres Eingehen auf diese Maschinentheile würde uns hier zu weit führen. Hinsichtlich des Parallelogramms nur so viel, daß es dazu dient, die Kolbenstange in senkrechter Richtung auf und nieder zu führen.

auf Zapfenlagerstühlen, und diese werden wieder durch das von vier Säulen D, D, unterstützte Gesims G getragen. Die beiden hinteren dieser Säulen werden durch die vorderen gedeckt. Das Gesims verbindet alle vier Säulen mit einander. Alle hier erwähnten Theile, mit Ausnahme der hölzernen Welle W, sind von Eisen. Die Kolbenstange und das Parallelogramm sind aus Stabeisen angefertigt. Die ganze Gebläse-Vorrichtung ruht zunächst auf einem hölzernen Gebälk, und dieses wieder auf einem gemauerten Fundamente.

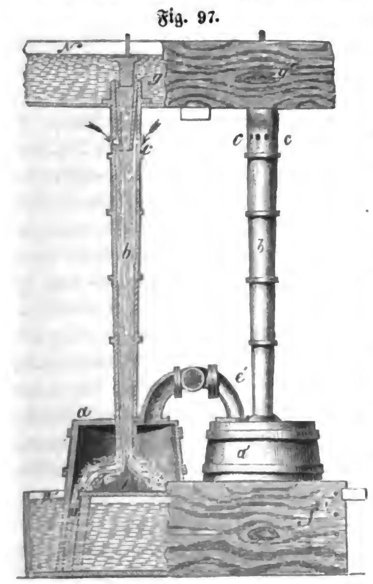
C. Von den Wassergebläsen.

Man versteht hierunter eine Klasse von Gebläsen, bei denen das Zusammenpressen der Luft durch allmälige Verminderung eines Raumes geschieht, welcher nicht — wie dies bei den vorgedachten Gebläsen der Fall war — ausschließlich von festen Körpern, sondern zugleich auch von einer Wassermasse eingeschlossen ist. Man bedient sich hier des Wassers theils als Sperrungs-, theils als Liederungs-Mittels, bei einigen dieser Gebläse aber auch als eines Motors der Luft. — Alle hierhergehörigen Gebläse können in zwei Abtheilungen gebracht werden, nämlich in solche, bei denen der Windkasten unbeweglich, und in solche, bei denen derselbe beweglich ist.

Eintheilung der Wassergebläse.

1. Von den Wassergebläsen mit unbeweglichem Windkasten.

Fig. 97.



Bei dieser Abtheilung der Wassergebläse dient das Wasser zugleich als Motor, Liederung und Sperrungsmittel. Es giebt hauptsächlich zwei Arten derselben, welche man auch unter dem gemeinschaftlichen Namen Wassersäulengebläse*) zu verstehen pflegt.

Wasser-Trommelgebläse.

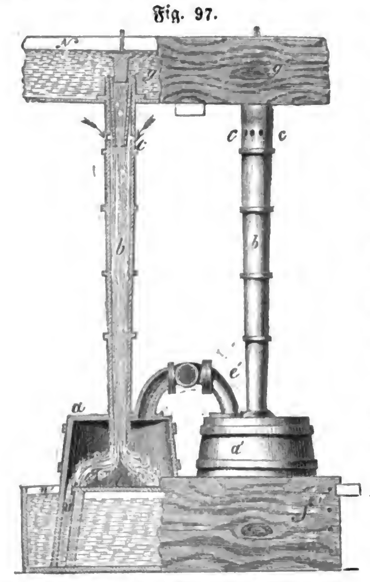
Das Wasser-Trommelgebläse gehört zu den ältesten Gebläse-Vorrichtungen und besitzt, obgleich nicht ohne wesentliche Mängel, in seiner großen Einfachheit einen Vorzug vor vielen derselben. Die folgende Figur zeigt ein doppeltes Gebläse dieser Art.

gg' ist ein bis zu dem Niveau N mit Wasser gefüllter Kanal. Der Theil g und alle darunter liegenden Theile

*) Einige Metallurgen belegen sämmtliche Wassergebläse mit diesem Namen.

des Gebläses sind im vertikalen Durchschnitt, die andere Hälfte des Gebläses aber ist in der Ansicht dargestellt. Durch Emporhebung des an dem oberen Ende der Röhre *b* befindlichen Kegel-Ventiles, bringt das Wasser in das darunter angebrachte trichterförmige Einsatzstück und stürzt sich von hier aus in der Röhre hinab, indem es einen Theil der in letzterer befindlichen Luft vor sich her treibt. Wären die Röhrenwände überall vollkommen dicht, so würde auf solche Weise bald ein luftverdünnter Raum zwischen ihnen gebildet werden; es befindet sich aber in denselben bei *c* ein Kranz von Löchern, durch welchen folglich, in dem Maaße als der Wasserstrom Luft abwärts führt neue Luft nachdringen muß. So lange also das Kegel-Ventil geöffnet bleibt, stürzt sich ein mit Luft untermengter Wasserstrom auf den Schemel *d*. Luft und Wasser befinden sich nach dem Niedersturz in dem Windkasten *a*, einem umgekehrten Gefäße, welches theilweise unter Wasser steht; das Wasser sucht sich nach unten einen Abfluß, welcher ihm dadurch geboten wird, daß der Windkasten *a* mit seinem unteren Rande auf einigen Holzfüßen ruht, so daß eine leichte Communikation zwischen dem inneren und äußeren Wasser stattfindet; die Luft kann diesen Weg natürlich nicht einschlagen, eben so wenig aber wieder in die Röhre *b* zurücktreten, weshalb sie gezwungen ist, in das Windleitungsrohr *e* einzudringen. Ganz auf dieselbe Weise wird in der anderen, der beschriebenen vollkommen gleichen Hälfte des Gebläses ein Luftstrom erzeugt, welcher in *e'* eintritt. Beide Luftströme vereinigen sich zuletzt in einem Rohre, von dem man in der Zeichnung den Querschnitt erblickt. — Nicht alle Wasser-Trommelgebläse haben genau die Construktion des beschriebenen; jedoch sind die Abweichungen nur unwesentlich.

Fig. 97.



Kettengebläse.

Das **Ketten-** oder **Paternoster-Gebläse** (erfunden von **Henschel**) ist als ein vervollkommnetes Wasser-Trommelgebläse zu betrachten. Es ist klar, daß bei letzterem die Luft die Stelle eines sich in einer Röhre

abwärts bewegenden Stempels vertritt, aber allerdings eines sehr unvollkommenen Stempels, welcher nicht alle Luft, die ihm in den Weg kommt, vor sich her treibt. Dieser Unvollkommenheit hat man dadurch abzuhelfen gesucht, daß man das Wasser nicht unmittelbar als Stempel agiren, sondern dasselbe durch die Fallröhre (*h*, Fig. 97) eine Kette ohne Ende treiben läßt, an welcher sich, in gewissen gleichgroßen Abständen, cirkelförmige Scheiben befinden, deren Durchmesser nahe dem der Fallröhre im Lichten gleichkommt. Wegen der Leichtbeweglichkeit jener Kette (des Paternosters) kann es natürlich nicht dahin kommen, daß sich der ganze zwischen den Scheiben befindliche Raum mit Wasser füllt, sondern zwischen je zwei derselben, die durch die Röhre gehen, befindet sich eine Wasser- und eine Luftschicht, letztere durch die nächst obere Scheibe mit ihrer Wasserschicht am Entweichen verhindert. Wenn hierbei auch eine Quantität Luft, trotz der Scheiben und Wasserschichten, ihren Weg nach aufwärts findet, so bewegt sich doch jedenfalls eine größere Quantität nach unten als beim Wasser-Trommelgebläse. Diesen Vorzug kann man ersterem, in Bezug auf letzteres, nicht absprechen; derselbe ist aber nicht groß genug, um gewisse Nachtheile des Kettengebläses zu compensiren, unter denen die ungleich größere Kostbarkeit desselben der bedeutendste ist. Man findet dieses Gebläse daher nur an sehr wenigen Orten angewendet, und mit der Zeit dürfte sein Gebrauch vielleicht gänzlich erlöschen. Aus diesem Grunde möge die gegebene kurze Beschreibung desselben genügen. Eine ausführlichere findet man in Karsten's System der Metallurgie, Bd. 3, S. 234.

Henschel'sches Wassersäulen-Gebläse.

Das Henschel'sche Wassersäulen-Gebläse ist von sehr sinnreicher, aber so zusammengesetzter Construktion, daß sich keine Beschreibung desselben in Kürze entwerfen läßt. Es hat bis jetzt noch weniger Eingang gefunden als das Kettengebläse.

2) Von den Wassergebläsen mit beweglichem Windkasten.

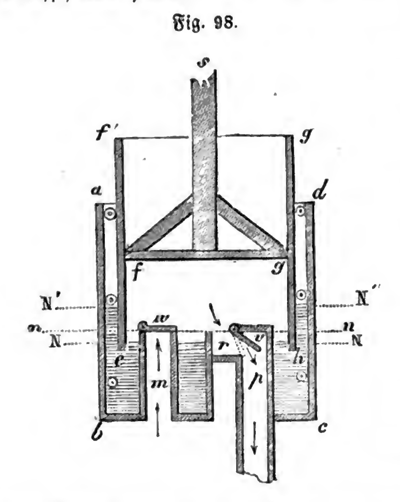
Das Wasser vertritt bei diesen Gebläsen die Stelle eines Sperrungs- und Liederungs-Mittels und wirkt in dieser zweifachen Rolle unleugbar sehr vollkommen. Vollkommener als durch Wasser läßt sich Luft nicht leicht absperren, und eine geringere Friktion als die zwischen einem festen Körper und Wasser kann bei Maschinen nicht bewerkstelligt werden. Als Sperrungsmittel bringt jedoch das Wasser den Nachtheil mit sich, daß es nicht gut eine hohe Pressung der Luft zuläßt, indem die sperrende Oberfläche einer Wasserschicht als eine elastische Fläche zu betrachten ist, welche jedem Luftdrucke im Verhältniß zu seiner Stärke nachgiebt.

Baader'sches Kastengebläse.

Das Baader'sche Kastengebläse kann als ein mit Wasser geliedertes Kastengebläse betrachtet werden, in welchem das Wasser die Stelle

eines feststehenden Kolbens vertritt, während der Cylinder beweglich ist. Die Einrichtung desselben geht aus der folgenden Skizze seines Vertikal-Durchschnittes hervor.

Fig. 98.



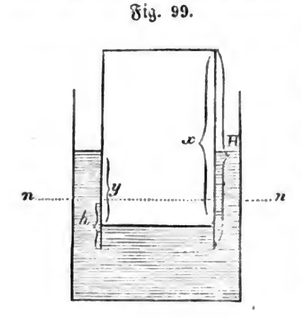
In dem oben offenen Kasten $abcd$ bewegt sich der umgekehrte — unten offene — Kasten $efgh$ auf und nieder. Diese Bewegung wird durch die an dem Boden fg befestigte und durch einige Streben gehaltene Stange s bewirkt, welche in Verbindung mit irgend einem Triebwerke gesetzt ist. Die vier Seitenwände des bewegten Kastens sind nach oben, über den Boden fg hinaus, bis zu $f'\,g'$ verlängert, so daß dadurch über dem Kasten $efgh$ ein zweiter Kasten $f'fgg,$ gebildet wird. Der Grund dieser Einrichtung wird sogleich deutlich werden. In dem Kasten $abcd$ sind zwei durch seinen Boden bc ausmündende Lutten m, p angebracht, welche an ihren oberen Enden mit den Ventilen w, v versehen sind; w ist das Einströmungs-, v das Ausströmungs-Ventil. In dem Kasten $abcd$ befindet sich so viel Wasser, daß, wenn man sich die ganze bewegliche Vorrichtung $ef'g'h$ wegdenkt, das Niveau desselben nn seyn, also bis dicht an die oberen Theile der Lutten m, n reichen würde. So wie dagegen die Vorrichtung $e\,f'\,g'\,h$ in den äußeren Kasten eingeführt und mit ihrem unteren Theile ins Wasser getaucht wird, erleidet die im Innern von $efgh$ befindliche Luft dadurch einen Druck, welcher bewirkt, daß das Niveau des Wassers innerhalb $efgh$ sinkt, außerhalb aber steigt. Die Höhen-Differenz dieser beiden Niveau's NN und $N'N'$ giebt ein Maaß für diesen Druck. Fände die eingeschlossene Luft nicht durch das Ausströmungs-Ventil v einen Ausweg, so würde die Differenz von NN und $N'N'$ immer größer werden, je weiter man den Kasten $efgh$ ins Wasser tauchte. Jenes Ventil verhindert dies aber zum Theil; denn sobald die eingeschlossene Luft eine Compression erreicht hat, welche das Ventil v zu öffnen vermag, so wird verhältnißmäßig kein so starkes Steigen des äußeren und Sinken des inneren Niveau stattfinden, weil sich nun der

comprimirten Luft ein Ausweg bietet. Ist auf solche Weise, durch Niederbewegen des inneren Kastens bis auf den Boden bc, Luft ausgepreßt worden, so bewegt sich der Kasten wieder in die Höhe und bewirkt dadurch, indem jetzt in ihm ein Luftmangel entsteht, das Schließen des Ventiles v und das Oeffnen des Einströmungs-Ventiles w, vermittelst dessen er sich mit neuer Luft füllt. Zur sicheren Leitung desselben sind zwischen seinen Wandungen und denen des äußeren Kastens Friktions-Walzen angebracht, wie in der Figur angedeutet. Der Zweck der nach oben, bis $f'g'$, verlängerten Wandungen des beweglichen Kastens besteht darin, daß das aufsteigende äußere Wasser sich bei tieferer Eintauchung dieses Kastens nicht über den Boden desselben verbreitet, was zu verschiedenen Nachtheilen Veranlassung geben würde. — Eine Unvollkommenheit dieses Gebläses liegt in seinem bedeutenden schädlichen Raume. Wir wollen uns vorstellen, der bewegliche Kasten habe seinen tiefsten Stand erreicht, so daß eh den Boden bc, und fg das Ventil w annähernd berührt. Bei dieser Stellung sollte, wenn das Baader'sche Gebläse eine so vollkommne Wirkung wie ein Cylinder- oder ein gutes Kastengebläse besäße, eigentlich alle — oder doch fast alle — Luft durch das Ventil v entwichen seyn. Dies ist aber keinesweges der Fall, denn 1) befindet sich in dem Raume r noch comprimirte Luft, und 2) ist solche in noch weit bedeutenderer Menge in dem ganzen oberen Theile des beweglichen Kastens (unterhalb fg) vorhanden. Durch das Ventil v communicirt nämlich der innere Raum dieses Kastens mit dem der Lutte p, in welcher sich comprimirte Luft befindet; es wird folglich auch beim niedrigsten Stande jenes Kastens ein beträchtlicher Druck auf die Oberfläche des darin vorhandenen Wassers ausgeübt, der das Niveau desselben mehr oder weniger tief unter nn erhält. Würde der Kasten längere Zeit in seinem niedrigsten Stande verharren, so würde allerdings die in p eingepreßte Luft nach und nach entweichen, und dadurch das Wasser unter fg allmälig bis nn steigen, aber die Geschwindigkeit und Pression der aus der Düse strömenden Luft würden solchenfalls constant abnehmen, bis sie zuletzt $= 0$ würden. Soll also die Bedingung des möglichst gleichmäßigen Ausströmens des Windes aus der Düse (wovon später ausführlicher die Rede seyn wird) nicht allzusehr vernachlässigt werden, so muß sich der Kasten, nach Erreichung seines niedrigsten Standes, sehr bald wieder aufwärts bewegen, ohne daß die in ihm noch vorhandene comprimirte Luft entweichen konnte. Daß die Menge derselben mit der Größe der Pression der in p befindlichen Luft wächst, ist leicht zu folgern. Der schädliche Raum wird also um so größer seyn, je stärker die Luft durch das Gebläse comprimirt wird.

Der Grad der Verdichtung, welchen die Luft im Innern des Baader'schen Gebläses erreicht, ist hauptsächlich von drei Umständen abhängig: *Wichtige Momente bei demselben.*

1) von der Geschwindigkeit, mit welcher sich der bewegliche Kasten bewegt, 2) von dem Widerstande, welchen die Luft bei ihrem Einströmen in die Windleitungslutte p erfährt, und 3) von dem Größen-Verhältnisse, welches zwischen der Oberfläche des inneren Wassers und der des äußeren*) stattfindet. Die betreffende Wirkung der beiden ersten Umstände bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung; die des letzten Umstandes läßt sich am schärfsten durch folgende Berechnung zeigen.

Fig. 99.



Es sey H = der Höhe des beweglichen Kastens, h = dem senkrechten Abstande des unteren Saumes dieses Kastens vom ursprünglichen Niveau nn (vor Eintauchung des Kastens), y = der Höhen-Differenz zwischen dem inneren und äußeren Niveau, x = dem Abstande des inneren Niveau vom oberen Ende des beweglichen Kastens, A = der Höhe einer Wassersäule, welche den Druck einer Atmosphäre ausübt. Man hat alsdann zunächst folgende zwei leicht zu findende Gleichungen:

$$\frac{A+y}{A} = \frac{H}{x}$$

$$[h - (H - x)]\, O = [y - [h - (H - x)]]\, o$$

In der letzteren Gleichung bedeutet O den Flächeninhalt der Oberfläche des inneren und o den der Oberfläche des äußeren Wassers.

Aus der Combination beider Gleichungen ergiebt sich:

$$y = \pm\sqrt{hA\frac{O+o}{o} + {}^1/_4\left(A + \frac{O+o}{o}(H-h)\right)^2} - {}^1/_2\left(A + \frac{O+o}{o}(H-h)\right)$$

$$x = \pm\sqrt{HA\frac{o}{O+o} + {}^1/_4\left(A\frac{o}{O+o} - (H-h)\right)^2} - {}^1/_2\left(A\frac{o}{O+o} - (H-h)\right)$$

Setzt man beispielsweise H (die Höhe des beweglichen Kastens) = 2 Fuß, h (Abstand des ursprünglichen Niveau vom unteren Saume des beweglichen Kastens) = 1 F.; O = 9 □′, o = 1 □′, und bringt man A = 32 F. in Rechnung, so erhält man y = 6,6 F. Setzt man dagegen o = 2 □′, während die übrigen Werthe dieselben bleiben, so wird y = 4,2 F. gefunden. Bei einer und derselben Eintauchungstiefe h unter

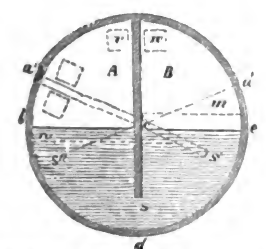
*) »Inneres Wasser« ist hier, der Kürze wegen, das Wasser innerhalb des Kastens $efgh$, und »äußeres Wasser« das Wasser außerhalb desselben — zwischen seinen Wänden und denen des feststehenden Kastens $abcd$ — genannt.

das ursprüngliche Niveau *nn* verhält sich also der Compressionsgrad der Luft im ersten Falle zu dem im zweiten wie 6,6 : 4,2. Der bedeutend geringere Grad des letzten Falles hat aber nur darin seine Ursache, daß die Oberfläche des äußeren Wassers von 1 □′ bis auf 2 □′ vermehrt, d. h. der Zwischenraum zwischen dem äußeren und dem inneren (beweglichen) Kasten um ein Entsprechendes vergrößert wurde. Je kleiner also der Zwischenraum zwischen den beiden Kästen des Baader'schen Gebläses ist, desto stärker wird man die Luft durch dieses Gebläse comprimiren können. Wir haben freilich bei der obigen Berechnung nicht auf die während der Compression der Luft vor sich gehende Ausströmung der letzteren durch das Ventil *v* Rücksicht genommen; allein dies ändert nur den Grad, nicht aber die Art der Wirkung.

Tonnengebläse.

Das Tonnengebläse erhielt seinen Namen von der Aehnlichkeit, welche der Haupttheil desselben, seiner äußeren Gestalt nach, mit einer Tonne hat. In Fig. 100 ist eine Skizze seines vertikalen Querschnittes gegeben.

Fig. 100.



a b d e, der Querschnitt des tonnenähnlichen Gefäßes, in welchem die Scheidewand *as* angebracht ist, die jedoch zwischen *s* und *d* in der Länge des ganzen Gefäßes eine Communikation zwischen den beiden Hälften desselben zuläßt. Die Tonne ist bis *be* mit Wasser gefüllt und um ihre durch **c** gehende centrale Längenachse beweglich; und zwar wird sie, mittelst einer passenden Vorrichtung, in der Art hin und her bewegt, daß die Scheidewand *as* einmal in die Lage *a′s′* und das andere Mal in die Lage *a″s″* versetzt wird. Wären an der Tonne nirgends Oeffnungen angebracht, wäre also die in ihr — in den beiden Quadranten *A* und *B* enthaltene — Luft gänzlich abgesperrt, so würde bei einer jeden solchen Bewegung die Luft in dem einen Quadranten comprimirt, die in dem anderen aber expandirt werden; bei der einen Bewegung die Luft in *A* comprimirt und die in *B* expandirt, bei der anderen, entgegengesetzten Bewegung in *A* expandirt und in *B* comprimirt. Zugleich würde das ursprüngliche Niveau *be* jedesmal eine entsprechende Veränderung erleiden, nämlich auf derjenigen Seite der Scheidewand, auf welcher die comprimirte Luft sich befände, unter *be* niedergedrückt, und auf der Seite der expandirten Luft gehoben werden. Nun befinden sich aber an jedem Boden der Tonne zwei Ventile *v w*; an dem einen Boden öffnen sich dieselben nach außen (Ausströmungs-Ventile), an dem anderen nach innen

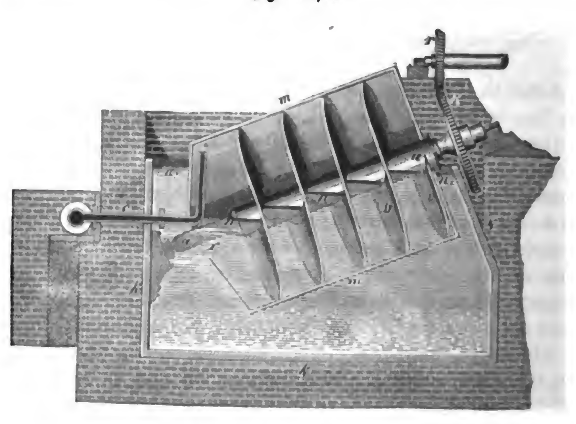
(Einströmungs-Ventile). Hierdurch ist dafür gesorgt, daß in beiden Quadranten A und B die comprimirte Luft sowohl einen Ausweg finden, als die expandirte einen Zuschuß erhalten kann. Bei jeder Bewegung der Tonne wird folglich entweder Luft aus A ausgeblasen und in B eingesogen oder vice versa. Bewegt sich z. B. die Tonne so, daß ihre Scheidewand aus der Stellung $a'' s''$ in die Stellung $a' s'$ übergeht, so wird auf derjenigen Seite der Scheidewand, auf welcher sich das Ventil v befindet, Luft ausgetrieben; auf der anderen Seite dagegen Luft eingesogen werden. Daß jedoch hierbei ein bedeutender schädlicher Raum bleiben muß, ist klar; denn einestheils darf sich die Scheidewand nur so weit gegen die Wasserfläche neigen, daß kein Wasser in die entsprechenden Ventile tritt, und andererseits drückt durch das geöffnete Ausströmungs-Ventil comprimirte Luft auf die Wasserfläche n, welche daher unter dem ursprünglichen Niveau $b\,e$ zu stehen kommt, während die Wasserfläche auf der anderen Seite der Scheidewand darüber — etwa bis zu m — erhöht ist. Dieser bedeutende schädliche Raum empfiehlt dieses Gebläse, trotz seiner Einfachheit, nicht eben sehr. Die von demselben ausgeblasene Luft wird durch eine besondere Vorrichtung aufgefangen, welche überdies noch schwierig vollkommen dicht zu erhalten ist.

Cagniardelle.

Das Schraubengebläse, nach seinem Erfinder Cagniard-Latour auch Cagniardelle genannt, ist von einer Einrichtung, welche aus Fig. 101 hervorgeht. Das Gebläse ist in derselben in seinem senkrechten Längendurchschnitte dargestellt.



Fig. 101, a.



a a, eine hohle, gußeiserne Welle, welche an ihrem oberen Ende mit einem angeschraubten Rundzapfen, an ihrem unteren aber mit einem eingesetzten und verkeilten Spitzzapfen versehen ist. Beide Zapfen bewegen sich in Zapfenlagern, der letztere — wegen des Druckes, der durch die etwa 20° geneigte Lage der Welle auf ihn ausgeübt wird — in einem mit Gußstahl ausgefütterten. Um die Welle windet sich eine angegossene spiralförmige Gußeisen-Leiste, welche zur Befestigung der spiralförmigen Wände *v, v, v* . . . dient, die an ihrer Peripherie mit dem cylindrischen Mantel *m m* luftdicht vernietet sind. An diesen schließt sich unten — an dem tiefer liegenden Theile der Vorrichtung — ein flachkonischer Boden an, der jedoch rings um die Achse *a* eine ringförmige Oeffnung *x x* läßt. Der vordere — obere — Theil des cylindrischen Mantels ist ebenfalls nicht ganz, sondern nur zu drei Viertheilen geschlossen, wie aus Fig. 101, b hervorgeht. Die Figur zeigt die vordere Ansicht der beschriebenen Vorrichtung, jedoch so, daß die Achse *a* durchschnitten dargestellt ist. *m m*, der cylindrische Mantel; *g*, der nicht geschlossene Quadrant, welcher als Einmündung des — durch die Spiralwand *v v v* . . . (Fig. 101, a) gebildeten — schraubenförmigen Raumes dient. Der so beschaffene Apparat befindet sich in einem bis *n* mit Wasser gefüllten hölzernen Kasten *k k* . . ., dessen Wände äußerlich von Bruchstein-Mauerung umgeben und durch dazwischen eingerammelten Lehm vollkommen wasserdicht hergestellt sind. Durch die beiden konischen Räder *r*, *R* wird die Achse *a* und mit ihr die ganze schraubenartige Vorrichtung in rotirende Bewegung gesetzt und zwar in der in Fig. 101, b durch einen Pfeil angedeuteten Richtung. Die Folge hiervon ist, daß bei jedem vollendeten Kreisumgange ein halber Schraubengang voll Luft und ein halber Schraubengang voll Wasser geschöpft werden, denn die Schöpföffnung *g* hat hierbei — da der vordere Theil des Cylinders bis nahe an sein Centrum unter Wasser liegt — die eine Hälfte ihres Weges in der Luft und die andere unter Wasser zurückgelegt. Das so geschöpfte Wasser bewegt sich aber durch die Rotation des ganzen Cylinders allmälig von dem vorderen (Schöpf-) Ende desselben nach dem hinteren (Ausfluß-) Ende, nämlich bei jeder Umdrehung um einen Schraubengang weiter, indem es die zugleich eingeschöpfte Luft über sich absperrt und mit sich führt. Hat der Cylinder so viel Umdrehungen gemacht, als in ihm Schraubengänge hinter einander vorhanden sind, so werden sich folglich letztere sämmtlich oberhalb mit Luft und unterhalb mit Wasser angefüllt haben. Da aber, wegen der nach hinten geneigten Lage

Fig. 101, b.

des Cylinders, die eingeschöpfte Luft allmälig immer tiefer unter das Niveau des im Kasten kk . . befindlichen Wassers geführt wird, so wird dieselbe bei ihrer Weiterbewegung in den Schraubengängen einen immer zunehmenden Druck erleiden, welcher durch die treppenförmig auf einander folgenden Niveau's n, n, n . . gemessen wird. Die in den hintersten Schraubengang gelangte, am meisten comprimirte Luft findet einen Ausweg durch die knieförmig gebogene Röhre $o\,c$, deren Anbringung durch die vorgedachte ringförmige Oeffnung $x\,x$ ermöglicht wird, welche zugleich dazu dient, das Wasser aus dem hintersten Schraubengange wieder in den Kasten kk ausfließen zu lassen. Bei fortgesetzter Rotation des Cylinders wird also durch xx unausgesetzt Wasser aus demselben ausströmen und in die Röhrenöffnung o unausgesetzt comprimirte Luft eingepreßt werden. Ein in geeigneter Entfernung oberhalb dieser Oeffnung angebrachter — in Fig. 101, a nicht angedeuteter — Eisenhut verhindert, daß ein Theil des an den inneren Wandflächen adhärirenden und dadurch mit denselben umkreisenden Wassers in die Windröhre geschleudert wird.

Material zur Anfertigung derselben.

Mantel und Spiral-Wände der Cagniardelle können aus Holz, Gußeisen, Eisen- oder Kupferblech angefertigt werden. Letzteres ist hierzu, wegen seiner Dauerhaftigkeit, das geeignetste, aber freilich auch das kostbarste Material. Das Eisenblech muß mit einem sehr guten Firniß überzogen werden, um es möglichst vor der Zerstörung durch Rosten zu bewahren, welcher es besonders dann ausgesetzt ist, wenn das zum Apparate verwendete Wasser Bestandtheile enthält, welche die Oxydation des Eisens befördern. Schon ein Kohlensäuregehalt des Wassers ist hierzu hinreichend. Nächst dem Kupferblech dürfte Gußeisen das empfehlenswertheste Material seyn, indem es dem Rosten weniger unterliegt als Frischeisen; aber allerdings können Mantel und Spiral-Wände aus ersterem nicht so dünn gearbeitet werden als aus letzterem, was ein größeres Gewicht des Apparates zur Folge hat. Derselbe Umstand macht auch die Anwendung des Holzes weniger vortheilhaft, als sie sonst — allein in Begriff der Kosten — seyn würde. Ein Holzmantel muß überdies noch durch mehrere mit Schlössern versehene, starke Eisenringe zusammengehalten werden, welche sein ohnehin schon beträchtliches Gewicht noch vermehren. Als zweckmäßigste Einrichtung, hinsichtlich der Wahl des Materials, dürften sich ein Mantel von Gußeisen oder Holz und Spiral-Wände von Kupferblech herausstellen. — Die Schwierigkeiten, welche es hat, eine zweckmäßige und dauerhafte Construktion der Cagniardelle mit einem nicht zu hohen Kostenaufwande zu vereinigen, sind wohl der Hauptgrund, daß dieses Gebläse bisher nicht eine so verbreitete Anwendung gefunden hat, wie seine guten Eigenschaften verdienen. Carnot (Bull. de la soc. d'encouragement, 9ième année, p. 44) behauptet in dieser Hinsicht nicht zu viel, wenn er

Vortheile der Cagniardelle.

sagt, daß das Schraubengebläse: 1) ganz einfach ist, und an sich, als eine einzige Masse, eine unmittelbar und continuirlich rotirende Bewegung hat; 2) weder Ventile noch Liederung braucht; 3) einen Windverlust nicht gestattet, wenn die Verbindungen aller seiner Theile durch Vernieten und Verkitten luftdicht hergestellt werden; 4) fast keine Reibung, deshalb auch nur selten Reparatur und wenig Unterhaltung hinsichtlich des Einschmierens seiner Zapfen bedingt; 5) gar keinen schädlichen Raum besitzt (wodurch vorzüglich der Effekt desselben gegen andere Gebläse erhöht wird); 6) einen fast ununterbrochen gleichförmig blasenden Windstrom giebt, und 7) in Folge aller dieser Umstände zu seiner Bewegung die möglichst kleinste Betriebskraft erfordert. — Eine genaue Beschreibung der Cagniardelle nebst gründlichen Berechnungen ihrer Leistung und Betriebskraft hat **Schwamkrug** geliefert; man sehe **Hülsse's** Maschinen-Encyklopädie, Bd. 2, S. 813.

D. Von den Windradgebläsen.

Die **Windradgebläse**, auch unter den Namen **Fächergebläse**, **Centrifugalgebläse** und **Ventilatoren** bekannt, haben in neuester Zeit eine ausgebreitete Anwendung bei den metallurgischen Processen gefunden. Der letztgenannte dieser Namen bezieht sich auf den früheren ausschließlichen Gebrauch dieser Vorrichtungen, nämlich zur Hervorbringung eines Wetterwechsels vermittelst Einsaugens von verunreinigter und dadurch bewirkten Nachströmens von reiner atmosphärischer Luft. — Es giebt zwar Windradgebläse von verschiedener Construktion, aber doch nicht in dem Grade, daß hierdurch eine besondere Eintheilung nöthig gemacht würde. Allenfalls lassen sich dieselben nach der Gestalt ihrer Flügel in drei Klassen bringen: in **Ventilatoren mit geraden**, **mit geknickten** und **mit gebogenen Flügeln**.

Eintheilung der Windradgebläse.

Ein Ventilator mit vier geraden Flügeln ist in Fig. 102, *a*, *b*, abgebildet; (*a*) ist ein Vertikal-, (*b*) ein Horizontal-Durchschnitt desselben. Gleiche Buchstaben bezeichnen gleiche Theile in beiden Figuren.

Ventilator mit vier geraden Flügeln.

Fig. 102 a.

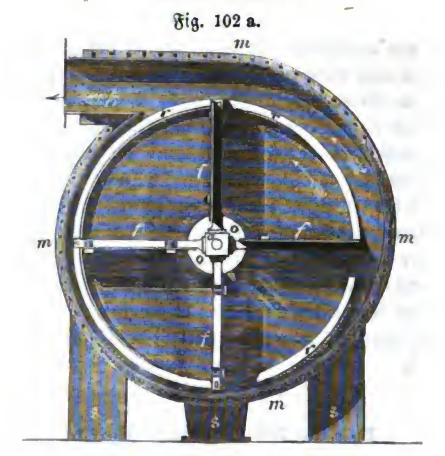
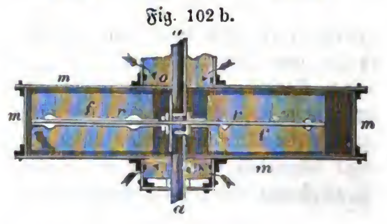


Fig. 102 b.



m, *m*..., ein aus Eisenblech zusammengenietetes, auf den Füßen *s*, *s*, *s* ruhendes Gehäuse, dessen Construktion aus dem Vertikal- und Horizontal-Durchschnitte hervorgeht, und an welches sich der Kanal *k* unmittelbar anschließt; *f*, *f*, *f*, *f*, vier Windflügel, aus vier Brettchen bestehend, welche durch eiserne Arme an der prismatischen Welle *a* befestigt sind. Letztere ist an beiden Enden mit Zapfen versehen (deren einer in (*a*) angedeutet) und wird mittelst einer daran befestigten Riemenscheibe in sehr schnell rotirende Bewegung versetzt. Die hierdurch zu gleicher Rotirung gebrachten Windflügel versetzen die zwischen ihnen befindliche Luft in eine gleiche Bewegung und zwingen dieselbe, einen tangentiellen Ausweg durch den — bis zur Düse führenden — Kanal *k* zu suchen. Die auf solche Weise aus dem Gehäuse getriebene Luft wird durch Nachströmung durch die beiden kreisförmigen Oeffnungen *o* wieder ersetzt. Im Vertikal-Durchschnitt (*a*) erblickt man nur die eine dieser Oeffnungen; im Horizontal-Durchschnitt sind dieselben dagegen beide angedeutet; die dabei angebrachten Pfeile zeigen die

Richtung der nachströmenden Luft an. Die Windflügel machen während einer Minute 600 — 1200 Umdrehungen; zur größeren Haltbarkeit sind sie durch den eisernen Reifen *r r* . . mit einander verbunden.

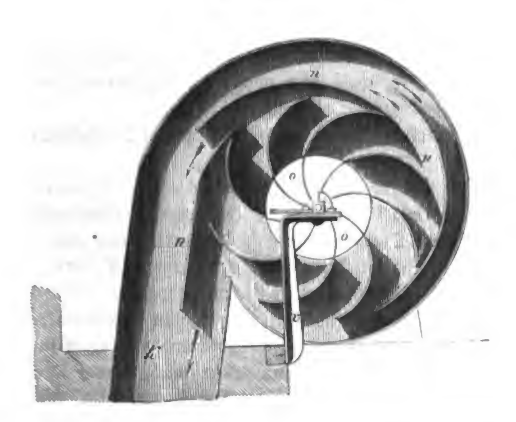
Ventilator mit geknickten Flügeln.

Ein **Ventilator mit geknickten Windflügeln** weicht nur darin von einem solchen mit geraden Windflügeln ab, daß bei ersterem die Arme (Stiele) der Windflügel mit den Flügelbrettern (*f*, *f* . . in Fig. 102) einen Winkel bilden, wodurch diese Ventilatoren gewissermaßen einen Uebergang aus denen mit geraden Windflügeln in die mit gebogenen machen.

Ventilator mit acht gebogenen Flügeln.

Einen **Ventilator mit acht gebogenen Flügeln** zeigt die folgende Figur, und zwar in der Art, daß die eine nach vorn gekehrte Seitenwand des schneckenförmigen Gehäuses weggedacht ist.

Fig. 103.



Nicht bloß durch die Form und Anzahl seiner Flügel unterscheidet sich dieser Ventilator von dem vorbeschriebenen, sondern auch durch die in das Gehäuse eingesetzten Querwände *n*, *n*. . . ., welche zur Vermehrung des in einer gewissen Zeit ausgeblasenen Wind-Quantums dienen. *o*, eine der kreisförmigen Einsauge-Oeffnungen; *v*, eine der eisernen Stützen, welche die Zapfenlager für die Windflügel-Welle tragen; *k*, Ausströmungs-Kanal.

Zweckmäßigste Construktion d. Ventilatoren.

So einfach der Mechanismus und die Wirkungsart dieser Gebläse zu seyn scheinen, ist man gleichwohl hinsichtlich ihrer zweckmäßigsten Construktion noch keinesweges im Klaren. Nur so viel dürfte gewiß seyn, daß folgende Punkte hierbei eine wesentliche Rolle spielen.

1) **Die Größe der Excentricität der Flügelwelle in Bezug auf die Peripherie des Gehäuses.** Man ersieht sowohl aus Fig. 102 als Fig. 103,

daß die rotirende Achse — a in Fig. 102 — nicht mit der wagerechten centralen Achse des Gehäuses zusammenfällt.

2) Die Anzahl der Flügel. Die gewöhnlichste ist 4 bis 6.

3) Die Gestalt und Größe der Flügel; letzteres besonders in Bezug auf Oberfläche der Flügelbretter.

4) Die Größe der Einsauge-Oeffnungen.

5) Die Querschnitts-Größe des Windleitungs-Kanales.

6) Die Größe der Ausströmungs- (Düsen-) Oeffnung.

Hinsichtlich mehrerer dieser Verhältnisse, welche überdies noch theilweise von der Flügel-Geschwindigkeit abhängig sind, lassen sich, nach den bis jetzt darüber angestellten und zur öffentlichen Kenntniß gelangten Versuchen, keine bestimmten Vorschriften ertheilen. — Cadiat (Berg- und hüttenmännische Zeitung, Bd. 1, S. 981) stellt folgende allgemeine Sätze in Betreff des Wirkungsgrades und der Construktion der Ventilatoren auf.

1) Die hervorgebrachte Wirkung hängt nicht wesentlich von der Oberfläche der Flügel ab, wohl aber von deren Geschwindigkeit und von der Größe der Ausströmungs-Oeffnung.

2) Die Wirkungen sind wie die Cubikzahlen der Geschwindigkeit verschieden.

3) Wenn die Oberfläche eines Flügels die $1\frac{1}{2}$fache von der der Ausströmungs-Oeffnung ist, so wird die Wirkung des Ventilators durch die Verminderung der Oberfläche der Flügel, so wie durch den zwischen dem Ende der Flügel und der Trommelwand bleibenden (Excentricitäts-) Raum nicht vermindert. Es vermehrt im Gegentheil diese Einrichtung den Nutz-Effekt wesentlich und vermindert die anzuwendende Betriebskraft.

4) Die Wirkung nimmt bei gleichbleibenden Flügeln in dem Maaße zu, als die Ausströmungs-Oeffnung kleiner wird, bis daß ihr Durchschnitt 0,40 — 0,60 von der Oberfläche eines Flügels gleich ist. Wird die Oeffnung noch kleiner, so vermindert sich der Nutz-Effekt zu gleicher Zeit. Die zweckmäßigste Oeffnung ist die, welche der ausströmenden Luft die gleiche Geschwindigkeit wie der Mitte der Flügel giebt.

5) Bezeichnet man mit u die Geschwindigkeit der Mitte der Flügel, mit o den Querschnitt der Ausströmungs-Oeffnung, mit a die Oberfläche eines Flügels und mit v die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft, so findet folgende erfahrungsmäßige Gleichung statt:

$$v = 0,73 \frac{u}{\sqrt{\frac{o}{a}}}$$

Nach v. Sabloukoff (Dingler's polytechnisches Journ. Bd. 81, S. 57) genügen vier Windflügel, um das Maximum der Wirkung damit zu erreichen. Um Vibrationen zu vermeiden, müssen, nach demselben, die

Flügel genau gleich weit von einander entfernt seyn; im entgegengesetzten Fall geräth der Apparat in ein starkes Zittern. Gänzlich läßt sich letzteres kaum vermeiden, selbst wenn man die Flügel durch einen Eisenring verbindet (s. Fig. 102). — In Bezug auf Ventilatoren mit geknickten Flügeln giebt Létoret (Berg- und hüttenmännische Zeitung, Bd. 1, S. 986) den durch Erfahrung als zweckmäßigst gefundenen Knickungswinkel = 43° an.

E. Von den Mitteln zur Hervorbringung eines möglichst gleichmäßigen Gebläseluftstromes.

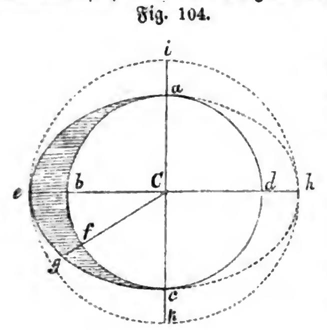
Sowohl Erfahrung als Theorie stellen es als Erforderniß heraus, daß die zur Speisung eines Ofens verwendete Gebläseluft möglichst gleichmäßig aus der Düse ströme, daß also die Pressung derselben möglichst geringen Veränderungen unterworfen sey. Von den soeben näher beschriebenen Gebläsen sind es vorzugsweise nur das Wassertrommel-Gebläse, die Cagniardelle und der Ventilator, welche an und für sich — ohne besondere Vorrichtungen — dieser Forderung genügen. Bei den anderen Gebläsen läßt sich dies durch zwei Mittel erreichen, nämlich entweder durch **Kuppelung** oder durch **Regulatoren**.

Zwei Mittel hierzu.

Grund d. Ungleichmäßigkeit eines einfachen G.bläsestromes.

Bei allen Gebläsen, deren bewegliche — Luft einsaugende und auspressende — Flächen eine hin- und hergehende Bewegung haben, wird letztere durch einen Krummzapfen oder doch durch eine verwandte Vorrichtung bewerkstelligt. Da nun bekanntlich ein solcher einfacher Mechanismus kein gleichmäßiges Hin- und Herbewegen zu bewirken vermag, so wird folglich das Einsaugen und Auspressen der Luft einer gleichen Oscillation unterliegen. Den beiden Null-Punkten und Maximum-Punkten der Wirkung eines Krummzapfens müssen nothwendigerweise die zu den betreffenden Zeiten eingesogenen und ausgepreßten Wind-Quantitäten entsprechen. Bei einem einfach wirkenden Balgen- oder Kolbengebläse, welches mittelst eines Krummzapfens bewegt wird, dient der eine halbe Umgang desselben zum Einsaugen, der andere zum Auspressen der Luft. In Bezug auf letzteres wirkt also nur die Hälfte seines Umganges nützlich, und zwar in dem Maaße, wie die nebenstehende Figur bildlich darstellt.

Fig. 104.



abcd sey die kreisförmige Bahn des Krummzapfens, *cda* diejenige Hälfte derselben, während deren Zurücklegung Luft eingesogen, und *abc*

die andere Bahnhälfte, während deren Zurücklegung Luft ausgepreßt wird. Die Menge des ausgepreßten Windes, welche dem verschiedenen Stande des Krummzapfens entspricht, ist durch die schraffirte halbmondförmige Fläche *abce* angedeutet. Dieselbe zeigt an, daß, während der Krummzapfen den Halbkreis *adc* durchläuft, keine Luft ausgepreßt, während er aber den Halbkreis *abc* durchläuft, Luft in zuerst steigender und darauf abnehmender Menge ausgepreßt wird. Beim Stande *Ca* des Krummzapfens ist die Windmenge noch = 0; beim Stande *Cb* hat dieselbe ihr Maximum erreicht, was durch die Linie *be* angedeutet wird; beim Stande *Cf* wird die entsprechende Windmenge durch *fg* repräsentirt; beim Stande *Cc* ist sie wieder = 0 und wächst nicht eher, als bis der Krummzapfen den Halbkreis *cda* durchlaufen hat.

Fig. 104.

Ist das Gebläse ein doppelt wirkendes, preßt es also sowohl beim Auf- als Niedergange des Krummzapfens Wind aus, so lassen sich die während eines vollständigen Umganges gelieferten Windmengen durch **zwei** halbmondförmige Flächen *abce* und *adch* versinnlichen. In diesem Falle hat der aus der Düse strömende Wind zwei Maxima, *be* und *dh*, und zwei Minima, *a* und *c*; folglich läßt sich auch durch ein **doppelt** wirkendes Balgen- oder Kolben-Gebläse kein gleichmäßiges Ausströmen des Windes erreichen. Dies wird aber annähernd der Fall seyn, wenn man zwei solcher Gebläse mit einander **kuppelt**, d. h. derartig verbindet, daß sie in einen gemeinschaftlichen Sammlungsraum, **Windsammlungskasten**, blasen, und daß die sie bewegenden Krummzapfen einen Winkel von 90° mit einander bilden. Alsdann deuten die halbmondförmigen Flächen *eahi* und *hcek* die durch das zweite Gebläse gelieferten Windmengen an, und es ist augenscheinlich, daß — da jetzt die Maxima des einen Gebläses mit den Minima des anderen zusammenfallen — ein annähernd gleichmäßiges Ausströmen des Windes aus der Düse erreicht werden muß. Noch vollkommner tritt diese Wirkung ein, wie man sich durch Construktion versinnlichen kann, wenn drei Gebläse mit einander verbunden und die dazu gehörigen Krummzapfen auf's Drittel, d. h. unter Winkeln von 120° gegen einander gestellt werden.

Kuppelung.

Regulatoren.

Was die Kuppelung der Gebläse in Bezug auf das gleichmäßige Ausströmen des Windes noch zu wünschen übrig läßt, hat man durch Anwendung der **Wind-Regulatoren** zu erreichen gesucht. Es giebt

drei Arten derselben, deren Wirkung auf folgenden Principien beruht. 1) Je größer verhältnißmäßig der Raum ist, in welchen comprimirte Luft einströmt und aus welchem sie wieder ausströmt, in desto geringerem Grade werden sich die Unregelmäßigkeiten des einmündenden Stromes auf die des ausmündenden verpflanzen. 2) Wenn ein solcher Raum nicht bloß von festen, sondern auch zum Theil von beweglichen Wänden eingeschlossen ist, welche bei jedem vermehrten Einströmen eine verhältnißmäßige Erweiterung und bei jedem abnehmenden Einströmen eine verhältnißmäßige Verengerung dieses Raumes bewirken, so werden dadurch die Unregelmäßigkeiten des Einströmens annähernd compensirt und sich nicht — oder doch in sehr vermindertem Grade — auf die ausströmende Luft fortpflanzen. Die physikalische Begründung dieser Principien liegt so nahe, daß sie keines weiteren Commentars bedarf. Auf dem ersteren derselben beruht die Einrichtung der Regulatoren mit unveränderlichem und auf dem zweiten die der Regulatoren mit veränderlichem Volum.

Regulator mit unveränderl. Volum.

Ein Regulator mit unveränderlichem Volum ist ein von festen Wänden gebildeter Behälter, dessen cubischer Inhalt den des Gebläses wenigstens um das Zehn- bis Zwanzigfache übertrifft, und in welchen der Gebläsestrom sowohl ein- als ausmündet. Erfordert es die Lokalität, daß dieser Behälter in beträchtlicher Entfernung vom Gebläse zu liegen kommt, müssen beide also durch eine lange Röhrenleitung in Verbindung gesetzt werden, so pflegt es ausreichend zu seyn, dem Regulator das Zehn- bis Funfzehnfache vom räumlichen Inhalte des Gebläses zu geben; liegen beide dagegen in nur geringer Entfernung von einander, so dürfte das Zwanzigfache dieses Inhaltes ein Minimum der Größe des Regulators seyn. Dies pflegt man wenigstens anzunehmen; allein es ist klar, daß sich hierüber keine bestimmten Regeln aufstellen lassen, da es hierbei natürlich sehr viel auf den Grad der Ungleichmäßigkeit ankommt, mit welcher der Wind aus dem Gebläse strömt. So z. B. gebrauchen doppelt wirkende und dabei zu zweien gekuppelte, gut gearbeitete Kasten- oder Cylinder-Gebläse kaum noch eines Regulators oder wenigstens nur eines kleinen; und wenn solche Gebläse zu dreien gekuppelt sind, kann man denselben durchaus ersparen, um so mehr als der hierbei nöthige Windsammlungskasten schon als Regulator wirkt. Bei einem einzelnen Kasten- oder Cylinder-Gebläse, besonders wenn dieselben überdies nur einfach wirkend wären, würde man dagegen einen Regulator von sehr beträchtlichen Dimensionen nöthig haben. — Die Wände eines Regulators mit unveränderlichem Volum pflegt man aus Steinen oder Eisen herzustellen; jedenfalls müssen sie dauerhaft, möglichst unelastisch und vollkommen dicht seyn. Welche Gestalt man ihnen giebt, ist gleichgültig, nur muß darauf Rücksicht genommen werden, daß die Einströmungs-Oeffnung möglichst weit von

der Ausströmungs-Oeffnung zu liegen kommt. Wo dies die Lokalität nicht zulassen sollte, kann man sich durch angebrachte Scheidewände helfen. Gemauerte Regulatoren müssen inwendig mit irgend einem dichten und dauerhaften Bewurf oder Ueberstrich versehen seyn. Dasselbe gilt von Regulatoren, welche — wie es deren giebt — im Gebirgsgesteine ausgesprengt sind. Ein hierzu sich eignendes Gestein ist jedes, welches frei von Klüften ist und hinreichende Dauerhaftigkeit besitzt. Aus gußeisernen Platten zusammengesetzte Regulatoren leisten sehr gute Dienste, sind aber sehr kostbar. Ein Gleiches gilt von den Regulatoren, deren Wände — gleich denen eines Dampfmaschinen-Kessels — aus Eisenblech zusammengenietet sind. Trotz dieser Kostbarkeit werden eiserne Regulatoren häufiger angewendet als gemauerte, weil erstere den in manchen Fällen sehr erheblichen Vortheil einer guten Raumbenutzung gewähren Dieser ist nicht bloß in der weit geringeren Stärke eiserner Wände als gemauerter begründet, sondern man kann den eisernen Regulatoren zugleich weit leichter beliebige Gestalten geben, als den gemauerten, braucht sie auch nicht unmittelbar auf die Hüttensohle zu setzen, sondern kann sie — mittelst Säulen-Unterstützung — höher anbringen. Wände aus Eisenblech stehen denen aus Gußeisen darin nach, daß sie dem Drucke der comprimirten Luft leichter nachgeben, welches sich aber durch eine zweckmäßige Gestalt dieser Wände vermeiden läßt. Ein aus Eisenblech in Form einer Kugel zusammengenieteter Regulator ist diesem Nachtheil nicht unterworfen. — Jeder Regulator von unveränderlichem Volum muß mit einem Sicherheits-Ventile versehen seyn, um Sprengungen zu verhüten, welche bei möglichen Verstopfungen der Ausströmungs-Oeffnung eintreten können. Auch ist es rathsam, dieselben mit einer gut verschließbaren Thüröffnung zu versehen, durch welche nöthigenfalls ein Arbeiter in ihr Inneres gelangen kann.

Regulatoren von veränderl. Volum:

1) Kolben-Regulator.

Von den **Regulatoren mit veränderlichem Volum** giebt es zwei Arten, nämlich **Kolben- oder trockne Regulatoren** und **Wasser-Regulatoren**. — Ein **Kolben-Regulator** hat im Wesentlichen eine Construktion, welche der eines einfach wirkenden Cylinder-Gebläses sehr ähnlich ist. Derselbe besteht, wie dieses, in einem ausgebohrten, oben offenen und unten durch einen Boden geschlossenen gußeisernen Cylinder, in welchem sich ein beweglicher, mit einer Kolbenstange versehener Kolben befindet. In dem Boden des Cylinders sind zwei Oeffnungen angebracht, die eine zum Ein- die andere zum Ausströmen des Windes. Die auf diese Weise unterhalb des Kolbens sich ansammelnde comprimirte Luft hebt letzteren in die Höhe und erhält ihn schwebend, wenn für das richtige Verhältniß zwischen seinem Gewichte und dem durch die comprimirte Luft auf ihn ausgeübten Druck gesorgt ist. Alle Ungleichmäßigkeiten des einmündenden Luftstromes werden zwar ein Auf- und

Niederbewegen des Kolbens, aber, eben dadurch, kein entsprechendes Oscilliren des aus dem Regulator strömenden Windes zur Folge haben. Der Regulator wird, in Folge des ungleichmäßig einströmenden Windes, periodisch bald größere, bald geringere Mengen comprimirter Luft enthalten, jedoch stets Luft von annähernd gleichem Drucke. Die oben freistehende, sich unterwärts aber durch eine angebrachte Leitung (Leere) genau senkrecht bewegende Kolbenstange dient dem Kolben nur zur Erhaltung seiner wagerechten Lage. In letzterem ist ein Sicherheits-Ventil angebracht, welches verhindert, daß bei einer Düsenverstopfung oder ähnlichen Zufällen Sprengungen am Regulator oder an anderen Theilen der Gebläsemaschinerie entstehen können. Zur Vermeidung der Beschädigungen, welche bei einem Herabfallen des Kolbens auf den Cylinder-Boden — in Folge einer plötzlichen Unterbrechung des einströmenden Windes — zu befürchten wären, befinden sich auf diesem Boden mehrere Holzklötze, welche dem sich senkenden Kolben zur Unterlage dienen und einen plötzlichen Fall desselben weniger beschädigend wirken lassen.

Die Kolben-Regulatoren werden ausschließlich nur bei Cylinder-Gebläsen angewendet. Man giebt ihnen in der Regel die $1^1/_2$fache bis doppelte Capacität des Blase-Cylinders, macht dieselben aber nicht höher, sondern von größerem Durchmesser als letzteren, wodurch begreiflicherweise die Schwankungen des regulirenden Kolbens geringer werden. Die Liederung eines solchen Kolbens wird ganz auf gleiche Weise ausgeführt wie die am Gebläsekolben. Da derselbe an sich nicht schwer genug zu seyn pflegt, um dem Drucke der comprimirten Luft hinreichenden Widerstand zu leisten, so vermehrt man solchenfalls sein Gewicht durch aufgelegte Eisenstücke. Welches Gesammtgewicht der tarirte Kolben haben muß, um dem Drucke einer Luft von bestimmter Compression zu widerstehen, läßt sich sowohl durch Rechnung als durch Versuch leicht ermitteln. Um auf ersterem Wege dazu zu gelangen, ist es nothwendig, den in Pfunden ausgedrückten Druck zu kennen, welchen die comprimirte Luft auf eine Fläche von bestimmter Größe, z. B. auf einen Quadratzoll, ausübt. Wäre dieser z. B. = 2 Pfd., und der Kolben hätte 5 Fuß Durchmesser, so würde der ganze auf ihn ausgeübte Druck betragen $30^2 . \pi . 2 = 5655$ Pfd. — Ein Wasser-Regulator besteht in einem Behälter, welcher an seiner unteren Seite durch keinen festen Boden geschlossen, sondern durch eine Wasserfläche abgesperrt ist. Dieser am zweckmäßigsten aus gußeisernen Platten zusammengesetzte Be-

2) Wasser-Regulator.

Fig. 105.

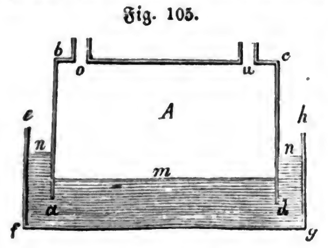
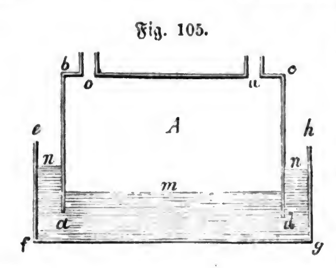


Fig. 105.



hälter, $abcd$ in nebenstehender Figur, befindet sich in einem gemauerten Wasser-Bassin $efgh$, so daß der im Raume A enthaltenen comprimirten Luft durch den Niveau-Unterschied mn das Gleichgewicht gehalten wird. o und u sind die Oeffnungen für die Einströmung und Ausströmung des Windes. Die in A eingeschlossene Luft wird bei jeder durch ungleichmäßiges Zuströmen bewirkten Veränderung ihres Volums ein Wachsen oder Abnehmen der Wassersäule (Niveau-Differenz) mn bewirken, also nicht, wie bei einem Kolben-Regulator, einem constanten, sondern einem veränderlichen Drucke ausgesetzt seyn, was dem beabsichtigten Zwecke natürlich entgegenwirkt. Um diesen Uebelstand möglichst zu compensiren, muß man einem Wasser-Regulator eine bedeutend größere Capacität geben, als einem Kolben-Regulator. Sein Inhalt pflegt wenigstens 4- bis 5mal so groß zu seyn, als der der betreffenden Gebläse-Vorrichtung. Ein anderer mit seiner Anwendung verknüpfter Uebelstand besteht in der Wellenbewegung, in welche das absperrende Wasser unvermeidlich geräth, was nicht allein eine unvollkommne Wind-Regulation nach sich zieht, sondern auch bewirkt, daß Theile des aufspritzenden Wassers in die Windleitungsröhren geführt werden. Aber wenn dies auch durch irgend eine Vorrichtung vermieden wird, so läßt sich doch ein durch Berührung mit dem Wasser vermehrter Feuchtigkeitsgehalt der Luft nicht verhindern; man müßte denn, wie vorgeschlagen ist, das Wasser mit einer Oelschicht versehen. Ueber die praktische Ausführbarkeit dieses Vorschlages ist jedoch bis jetzt nichts zur allgemeinen Kenntniß gelangt. Die Wasser-Regulatoren bedürfen keines Sicherheits-Ventils, wenn dafür gesorgt ist, daß die zu stark comprimirte Luft leichter den Wasserdruck überwinden, und unten aus dem Windraume A ihren Ausweg durch das Sperrwasser nehmen, als irgend einen Theil des Regulators oder der Gebläse-Vorrichtung zersprengen kann.

Der Wasser-Regulator ist von den hier beschriebenen drei Arten der Regulatoren der am wenigsten zweckmäßigste und zugleich der kostbarste in der Anlage. Sowohl diesen als auch den Kolben-Regulator findet man in neuerer Zeit weit seltener in Anwendung gebracht, als den Regulator mit unveränderlichem Volum.

F. Von den Windleitungs- und Windausströmungs-Vorrichtungen.

Die **Windleitungs-Vorrichtungen** dienen zur Herstellung der nöthigen Communikation zwischen Gebläse- und Ausströmungs-Oeffnung (Düse). Befindet sich zwischen beiden ein Regulator oder ein Lufterhitzungs-Apparat oder sind vielleicht beide Vorrichtungen zugleich vorhanden, so werden auch diese hierdurch in die erforderliche Communikation gesetzt. Je nach der Beschaffenheit des Gebläses und der Größe des Abstandes zwischen Gebläse und Düse, so wie auch in Folge einiger anderer Umstände, können die Windleitungs-Vorrichtungen eine verschiedene Construktion besitzen.

Zweck derselb.

Bei Balgengebläsen bedient man sich theils prismatischer hölzerner Kanäle, **Windlutten**, theils verzinnter oder unverzinnter Eisenblechröhren zur Windleitung. Die kurze Verbindung zwischen Balg und Windsammlungskasten — bei gekuppelten Bälgen — wird in der Regel durch eine Lutte hergestellt, während man zur weiteren Leitung gewöhnlich Blechröhren anwendet. Bei Wassergebläsen sind letztere, wegen ihrer leichten Zerstörbarkeit durch feuchte Luft, nicht zu empfehlen; man sucht sich hier entweder durch Lutten zu helfen oder bedient sich, was den Vorzug verdient, der gußeisernen Röhren. Diese sind für alle Arten der Gebläse die empfehlenswerthesten, bei kräftig wirkenden und stark comprimirte Luft erzeugenden Gebläsen aber ganz unentbehrlich. Die Cylinder-Gebläse versieht man daher stets mit derartigen Windleitungs-Vorrichtungen. Der Nachtheil der hölzernen Lutten besteht nicht allein in dem unvermeidlichen Windverluste, welchen dieselben nach sich ziehen, sondern auch in der bedeutend erhöhten Friktion, welche die Luft beim Hindurchströmen durch dieselben — sowohl in Betreff ihrer inneren Flächen-Beschaffenheit als ihrer Gestalt — zu überwinden hat. Starkes in- und auswendiges Verpichen der Lutten sichert allerdings eine Zeit lang gegen Windverlust, aber nicht auf die Dauer. Der Nachtheil, welcher, hinsichtlich erhöhten Reibungswiderstandes, aus ihrem eckigen Querschnitt erwächst, kann durch dreieckige Leisten, welche man in alle vier Ecken einsetzt und die also aus der viereckigen Lutte inwendig eine achteckige machen, verringert werden; zugleich erreicht man dadurch ein besseres Dichthalten an den Ecken. Schwieriger ist es aber, den Reibungswiderstand in den nicht selten nothwendigen Kniestücken solcher Lutten-Leitungen zu vermindern.

Hölzerne Lutten und eiserne Röhren.

Auf eine gute Verbindung der einzelnen zu einer Windleitung gehörigen Lutten- oder Röhrenstücke kommt sehr viel an. Was sich bei ersteren durch genaues Einfalzen nicht hinreichend ausführen läßt, muß man durch

Herstellung einer guten Verbindung.

Werg-Stopfung und Verpichen nachzuhelfen suchen. Blechröhren werden durch Löthung mit einander verbunden. Die gußeisernen Röhrenstücke versieht man beim Gießen mit aufstehenden durchlochten Rändern (Kränzen), mittelst deren man sie an einander schraubt. Da die betreffenden Flächen dieser Ränder natürlich nicht genau zusammenpassen, ein Einschleifen derselben aber kostbar und gleichwohl nicht völlig genügend seyn würde, so bringt man zwischen je zwei Röhrenstücken einen Bleiring an, welcher durch starkes Anziehen der Kranzschrauben zusammengedrückt wird und dadurch den gewünschten hermetischen Verschluß herstellt. — Hinsichtlich der Weite der gußeisernen Windleitungsröhren lassen sich keine bestimmten Vorschriften geben, da dieselbe einestheils von der Windmenge und anderentheils von der Länge der ganzen Röhrenstrecke abhängig seyn muß. Kurze Röhrenstrecken, welche nur geringe Windmengen leiten, erfordern eine weniger beträchtliche Capacität als lange Röhrenstrecken, durch welche große Windmengen strömen. Des bedeutenderen Widerstandes wegen, welchen enge Röhren einem hindurchgehenden Luftstrome entgegensetzen als weite, sind letztere den ersteren stets vorzuziehen. Nach Karsten sollte der Hauptwindleitungs-Röhrenstrecke ein Durchmesser von 15 — 20 Zoll gegeben werden, während die Nebenstrecken, welche den Wind zu den verschiedenen Punkten (Düsen) führen, bei einem Durchmesser von 10 — 12 Zoll eine hinreichende Weite erhalten, für kurze Röhrenstrecken aber schon ein Durchmesser von 6 — 8 Zoll genügt.

Weite der Windleitungsröhren.

Röhrenleitung für erhitzte Luft.

Windleitungsröhren, durch welche erhitzte Gebläseluft strömen soll, müssen nicht allein verhältnißmäßig weiter als die für kalte Gebläseluft bestimmten seyn, sondern bedürfen auch einer anderen Art der Zusammenfügung. Statt des erwähnten zwischengeschrobenen Bleiringes bedient man sich zuweilen eines Ringes von Kupferdraht; am gewöhnlichsten aber wendet man Eisenkitt*) zur Lutirung an. Diejenigen Röhren, welche

*) Man hat verschiedene Vorschriften zur Bereitung eines solchen Eisenkittes, von denen die folgenden zu den vorzüglichsten gehören. Erste Vorschrift. 5 Gwthle. gesiebte Eisenfeilspäne und 1 Gwthl. fein gepulverter Thon werden mit starkem Essig befeuchtet. Sobald dies Gemenge anfängt warm zu werden, fügt man etwas mehr Essig hinzu, rührt es gut um und verbraucht es sogleich. Zweite Vorschrift. 1 Gwthl. gesiebte Eisenfeilspäne wird mit einer Auflösung von $\frac{1}{32}$ Gwthl. Salmiak in Wasser übergossen und dem Rosten überlassen, worauf man 1 Gwthl. frische Eisenfeilspäne und 1 Gwthl. Thon hinzufügt und das Ganze mit etwas Wasser zu einem Teige anrührt, der sofort verbraucht wird. Dritte Vorschrift. Man mengt 4 Gwthle. Eisenfeilspäne, $\frac{1}{16}$ Gwthl. Salmiak, $\frac{1}{4}$ Gwthl. Feldspathpulver und $\frac{1}{32}$ Gwthl. Schwefelblumen mit Wasser zu einem Teige. Auch diese Masse muß möglichst schnell verbraucht werden, wenn sie nicht einen Theil ihrer Wirk-

sich im Lufterhitzungs-Apparat selbst befinden, und also der Einwirkung der Flamme ausgesetzt sind, werden durch sogenannte Muffe und dazwischen eingestrichenen Eisenkitt mit einander verbunden. Zugleich muß bei den zur Leitung erhitzter Gebläseluft bestimmten Röhrenstrecken dafür gesorgt seyn, daß sich dieselben, in Folge ihrer Erwärmung, in ihre Länge ausdehnen können, ohne dabei zu Bruche zu gehen. Man pflegt dies zum Theil durch eine Art beweglicher Muffe zu erreichen, welche an gewissen Stellen der Röhrenstrecke angebracht sind; außerdem aber auch dadurch, daß man den ganzen Röhrenstrang auf Walzen oder Rollen legt, oder demselben auf irgend eine andere Weise die erforderliche Beweglichkeit verschafft. Angaben über die vorzüglichsten Construktions-Methoden der Windleitungs-Vorrichtungen für erhitzte Gebläseluft findet man in von Herder's Abbildungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft und in Brendel's, Reich's, Winkler's und Merbach's Erläuterungen hierzu.

Das Endstück einer Windleitungs-Vorrichtung bildet die Düse (Deute, Deupe), eine konische Röhre von Eisenblech, aus welcher der Wind unmittelbar in den Ofen strömt. Der engere Theil derselben ist dem Ofen, der weitere Theil der Windleitung zugekehrt, mit deren letzter Röhre sie vermittelst eines kurzen Lederschlauches verbunden zu seyn pflegt, welcher es möglich macht, der Düse verschiedene Lagen zu ertheilen. Die Düsenweite d. h. die Weite der Düsenmündung ist insofern von Wichtigkeit, als sie von Einfluß auf den Grad der Pressung ist, mit welchem der Wind ausströmt. Alle übrigen Umstände gleich gesetzt, geben engere Düsen einen stärker gepreßten Wind, als weitere, aus dem einfachen Grunde, weil die Gebläseluft in ersterem Falle gezwungen ist, durch eine kleinere Oeffnung auszutreten. Hierdurch wird aber ein größerer Kraftaufwand erfordert, welcher, wenn er auf Kosten der Bewegungs-Geschwindigkeit des Gebläses hervorgebracht wird, offenbar zu einer verhältnißmäßigen Verminderung des während einer bestimmten Zeit ausgeblasenen Luft-Quantums Veranlassung geben muß. Bei Versuchen über die bei Anwendung von engeren und weiteren Düsen zu erreichenden metallurgischen Schmelz-Effekte sollte man also nicht unterlassen dafür zu sorgen, daß in beiden Fällen völlig gleiche Windmengen ausgeblasen würden, weil sonst diese Effekte auch von der Ungleichheit der letzteren influirt werden. Die gebräuchlichsten Düsenweiten liegen zwischen 1

Düse.

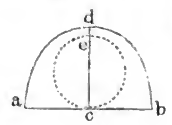
Weite derselb.

samkeit einbüßen soll. Welche Art dieses Kittes man anwenden möge, so ist zu beachten, daß die betreffenden Stellen des Eisens, an denen der Kitt haften soll, zuvor blank gescheuert seyn müssen, und daß der Kitt nicht eher einer höheren Temperatur ausgesetzt werden darf, als bis er gebunden hat und ausgetrocknet ist.

Länge derselb. und 2 Zoll Durchmesser. Die Länge der Düsen ist nicht eben wesentlich und daher sehr verschieden. Sie richtet sich besonders nach dem Durchmesser der Windleitungsröhre, mit welcher die Düse durch einen Lederschlauch verbunden ist. Dieser Schlauch und die Düse müssen einen allmäligen — nicht zu schroffen — Uebergang aus der bedeutend weiteren Leitungsröhre in die Düsenmündung bilden; zugleich muß aber der Schlauch durch seine Entfernung von der Düsenmündung hinreichend vor Verbrennung und anderweitiger Beschädigung geschützt seyn. Da nun ein langer Schlauch überdies noch mehr Reibungswiderstand verursacht, als ein kurzer, so ist es am rathsamsten, denselben möglichst kurz und die Düse dafür länger und desto weniger schroff konisch zu machen. Es giebt Düsen von kaum mehr als 1 Fuß Länge, während andere eine beträchtlich größere Länge besitzen. —

Form. Damit der aus der Düse strömende Wind in das Innere des Ofens gelangen kann, wird hierzu, wie sich von selbst versteht, eine entsprechende Oeffnung im Ofengemäuer erfordert; wollte man die Wände dieser Oeffnung nur aus Mauerung herstellen, so würden sie durch die in ihrer Nähe entwickelte hohe Temperatur sehr bald gestört werden. Dies läßt sich nur allenfalls bewerkstelligen, wenn man die Düse in einen Kanal legt, welcher in einem einzigen oder in zwei über einander liegenden feuerfesten Steinen ausgegraben ist. Man nennt dies durch den Stein blasen. Es bleibt dies aber stets eine unvollkommene Vorrichtung, welche der Anwendung einer Form durchaus nachsteht. Mit diesem Namen belegt man das gewöhnlich gußeiserne Futter des überwölbten kurzen Kanales, auf dessen flachem Boden die Düse liegt. Die Form hat also zunächst keine weitere Funktion als die Herstellung eines dauerhaften und für gewisse Zwecke bequemen Düsenlagers. Als zweckmäßigste Gestalt derselben ergiebt sich die bereits auf S. 69 in Fig. 6 dargestellte. Den flachen Boden der Form pflegt man das Blatt oder die Platte, und den oberen konisch gewölbten Theil derselben den Busen oder Bauch zu nennen. Der ganze vordere Theil der Form, welcher bei einigen Schmelzprocessen mehr oder weniger in den Ofen hineinragt, heißt der Rüssel. Die Wände desselben pflegen solchenfalls eine etwas größere Stärke zu besitzen, als die des hinteren Formendes. Die vordere Oeffnung der Form bezeichnet man mit dem Namen Formöffnung, Mündung oder Auge. Ihre Gestalt ist gewöhnlich nicht vollkommen halbkreisförmig; ab, die Formbreite, verhält sich nämlich zu cd, der Formtiefe (oder Formhöhe), gewöhnlich nicht wie 2 : 1, sondern ungefähr wie 3 : 2. Die absolute Größe der Formöffnung hängt größtentheils von der der Düsenöffnung ab. Erstere ist stets größer als letztere, und zwar pflegt die Formhöhe cd den Düsendurchmesser ce um ungefähr 1/4 Zoll zu übertreffen.

Fig. 106.



Form- und Düsen-Lage

Die Lage der Form und Düse im Ofengemäuer ist, in Betreff des durch die Gebläseluft hervorgebrachten Schmelz-Effektes, von großer Wichtigkeit. Hinsichtlich dieser Lage giebt es besonders folgende Punkte zu berücksichtigen. 1) Die Höhe der Form über der Ofen- oder Heerdsohle *), oder auch über der Vorwand- (Vorheerd-) Kante. Es ist leicht einzusehen, welche Wirkung eine derartige größere oder geringere Formhöhe ausüben muß. Nicht bloß, daß der heißeste Theil des Ofenraumes, der Schmelzraum, in seiner Lage von der der Form abhängig ist, sondern auch die der Formöffnung zunächst liegende Zone der oxydirenden Wirkung wird hierdurch dem Heerde, in welchem sich die geschmolzenen Massen ansammeln, näher oder ferner gerückt, so daß durch eine geringe Höhe der Form eine oxydirende Einwirkung auf die geschmolzenen Massen ermöglicht wird. Letzteres ist in noch höherem Grade der Fall, wenn die niedrig liegende Form zugleich einen mehr oder weniger beträchtlichen Einschuß besitzt. 2) Der Neigungswinkel der Form. Dieser wird durch denjenigen Winkel gemessen, welchen das Formblatt (der flache Boden der Form) mit einer horizontalen Ebene bildet. Bei den meisten Formen ist dieser Winkel $= 0^0$, d. h. sie liegen horizontal. Die nicht horizontalen Formen haben entweder eine einschießende oder eine ansteigende Lage, indem nämlich ihre Mündung entweder niedriger oder höher als das Formende liegt. Der Neigungswinkel der einschießenden Formen pflegt 12^0, und der der ansteigenden 5^0 nicht zu übertreffen. Der ansteigenden Formen bedient man sich nur in wenigen Fällen. In der Regel wird der Neigungswinkel in Zollen angegeben. Man sagt z. B., eine Form habe 1 Zoll Einschießen, Einschuß oder Schuß und versteht darunter, daß die Formöffnung 1 Zoll tiefer als das Formende liegt; eine Form mit 1 Zoll Ansteigen bedeutet dagegen das Höherliegen der Formöffnung um 1 Zoll. Solche Angaben setzen natürlich die Länge der Form — gewöhnlich nicht viel über 1 Fuß — als bekannt voraus. Daß sowohl eine einschießende (stechende) wie eine ansteigende Form auf die Lage des Schmelzraumes und der Oxydations-Zone von Einfluß sind, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Aber auch aus einer horizontalen Form kann, wie man sich ausdrückt, ein stechender Wind gegeben werden, wenn man nämlich der in ihr befindlichen Düse eine entsprechende geneigte

*) Unter Heerd- oder Ofensohle versteht man die Bodenfläche des Heerd- oder Schachtraumes. Wird dieselbe durch keine horizontale, sondern durch eine schiefe Ebene oder durch eine gekrümmte Fläche gebildet, so pflegt man die Höhe der Form entweder in Bezug auf den tiefsten Punkt jener Sohle oder in Bezug auf die Vorheerdkante anzugeben. Letztere wird durch die obere Kante der gewöhnlich eisernen Einfassung des Vorheerd-Gemäuers repräsentirt.

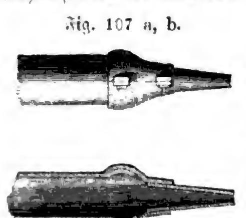
Stellung giebt. Man bewerkstelligt dies gewöhnlich durch Unterschiebung von Eisenstücken. Es giebt auch Formen mit beweglichem Blatte, durch welche eine solche Düsenneigung, obwohl weniger einfach als eben angegeben, erreicht werden kann. 3) Das Hineinragen (Vorspringen) der Form — oder eigentlich des Formrüssels — in den Ofenraum. Bei einigen Schmelzprocessen ragt die Formmündung nicht aus der Ofenmauer hervor, sondern liegt mit deren innerer Seite in einer Ebene; bei anderen Schmelzprocessen dagegen gewährt das Vorspringen des Formrüssels gewisse Vortheile. Dasselbe pflegt jedoch selten mehr als ein paar Zoll zu betragen, weil ein bedeutend stärkeres Vorspringen zu sehr zerstörend auf den Formrüssel einwirkt. Auch das Hineinragen der Form modificirt die Lage des Schmelzraumes und der Oxydations-Zone. 4) Die Lage der Düse innerhalb der Form, und zwar *a*) in Bezug auf Neigung. Gewöhnlich liegt die Düse unmittelbar auf dem Formblatte, erhält also dieselbe Neigung wie dieses; daß man ihr zuweilen vermittelst einer angebrachten Unterlage eine Neigung giebt, welche die Form nicht besitzt, ist bereits angeführt worden. *b*) In Bezug auf den Abstand der Düsenmündung von der Formmündung. Um den Einfluß dieses Verhältnisses richtig zu würdigen, ist es nöthig, folgende Umstände zu berücksichtigen. Die aus der Düsenmündung strömende comprimirte Luft bildet — weil sie sich unmittelbar nach ihrem Austritte zu expandiren anfängt — einen sich konisch erweiternden Strahl. Je mehr also Düsenmündung und Formmündung von einander abstehen, d. h. je weiter sich erstere hinter letzterer befindet, desto mehr werden die inneren Wandflächen des Rüssels von dem Winde gestreift werden. Dies benutzt man zum Kühlhalten des Formrüssels, indem der gegen seine inneren Wandflächen beständig anprallende Wind denselben keinen Hitzgrad erlangen läßt, welcher seine baldige Zerstörung herbeiführen würde. Je mehr also der Formrüssel — z. B. wegen seines Hineinragens in den Ofenraum — einer starken Erhitzung ausgesetzt ist, desto weiter muß die Düse zurückgerückt werden. Ein unvermeidlicher Uebelstand hierbei ist jedoch der theilweise Verlust des anprallenden und dadurch zum Theil nach der hinteren Formöffnung zurückgeworfenen Windes. Ein größerer Abstand der Düsenmündung von der Formmündung als 4 Zoll pflegt selten vorzukommen.

Düse für erhitzte Luft.

Bei Anwendung erhitzter Gebläseluft bedürfen Düse und Form anderer Einrichtungen als bei Anwendung kalter. Was zuerst die Düse anbelangt, so kann man diese mit der Windleitung natürlich nicht durch einen Lederschlauch verbinden, weil dieser durch die hohe Temperatur der Gebläseluft zerstört werden würde. Man bedient sich deshalb hierzu einer Vorrichtung von Schmiedeeisen, zuweilen auch von Kupfer. Eine der einfachsten dieser Vorrichtungen zeigt die folgende Figur.

Aus dem Längendurchschnitt (b) dieser Vorrichtung ersieht man die Verbindungsart des letzten — an seinem Ende bauchförmig erweiterten — Röhrenstückes der Windleitung mit der konischen Düse. Das Verbindungsstück besteht, wie sich aus (a) ergiebt, aus zwei an einander geschrobenen Hälften. Eine solche Vorrichtung empfiehlt sich zwar durch ihre Einfachheit, gewährt jedoch die erforderliche Beweglichkeit der Düse nur in einem geringen Grade und dürfte auch hinsichtlich hermetischen Verschlusses Manches zu wünschen übrig lassen. Eine der zweckmäßigsten, aber freilich auch bedeutend complicirteren beweglichen Düsen-Vorrichtungen für erhitzte Gebläseluft wendet man auf den Freiburger Schmelzhütten an. Diese und mehrere andere derartige Apparate findet man in dem oben citirten v. Herder'schen Werke (Abbild. d. vorzüglichsten Apparate zur Erhitz. d. Gebläseluft) und den dazu gehörigen Erläuterungen von Brendel, Reich, Winkler und Merbach abgebildet und beschrieben.

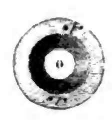
Fig. 107 a, b.

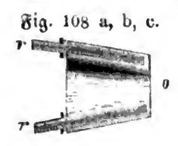


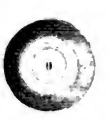
Form für erhitzte Luft.

Da die gewöhnlichen eisernen Formen bei der Anwendung erhitzter Gebläseluft sehr bald zerstört werden würden, so bedient man sich unter solchen Umständen allgemein der sogenannten Wasserformen. Es sind dies Formen mit doppelten Wänden, welche durch unausgesetzt dazwischen ein- und ausströmendes Wasser kühl erhalten werden. Das Ein- und Ausströmen muß natürlich mit einer solchen Geschwindigkeit geschehen, daß das Wasser hierbei nicht bis zu seinem Kochpunkte erhitzt werden kann, weil die solchenfalls erfolgende Dampfbildung sehr schädlich wirken und die Zerstörung des Apparates herbeiführen würde. Wegen der leichten Oxydirbarkeit des Eisens durch lufthaltiges Wasser fertigt man die Wasserformen aus Kupfer an. Die gewöhnlichste Construktion derselben ist folgende.

Fig. 108 a, b, c.







(a) die hintere, (b) die vordere Ansicht, (c) der Längendurchschnitt derselben; r, r, die Endstücke der beiden Wasserleitungsröhren, die eine zur Zuführung, die andere zur Ableitung des Wassers. Die Zuführungsröhre muß, wie sich von selbst versteht, durch ein springendes Wasser gespeist werden, während die Ableitungsröhre in einen Abzugskanal mündet. Die Formöffnung o, wie überhaupt alle Querschnitte einer Wasserform, pflegt kreis-

förmig zu seyn, welches seinen Grund hauptsächlich in der leichteren Anfertigung hat.

Windsperrungskästen.

Zu den Windleitungs-Vorrichtungen gehören endlich noch die **Windsperrungskästen**, welche dazu dienen, den von einem Gebläse nach verschiedenen Oefen geleiteten Wind theilweise abzusperren, so daß erforderlichen Falles nicht allein verschiedene Oefen eine verschiedene Windmenge erhalten können, sondern auch jedem einzelnen Ofen der Wind gänzlich entzogen werden kann. Dieselben bestehen in Kästen von Gußeisen, welche an den betreffenden Stellen der Röhrenleitung angebracht sind, und in denen sich die zur Absperrung und Moderirung des Windes nöthigen Ventile oder Hähne befinden. Am gewöhnlichsten bedient man sich hierzu der Kegelventile. Man bringt dieselben als Endglied einer durch die Wandung des Windsperrungskastens luftdicht gehenden Schraube an, durch deren Stellung der Ventil-Konus mehr oder weniger aus seinem Lager gehoben werden kann und dadurch dem Winde eine größere oder geringere Oeffnung zum Durchströmen gestattet. — Ein Uebelstand aller derartigen Windsperrungs-Vorrichtungen ist es, daß dieselben nicht bloß — was man zu erreichen wünscht — die **Windmenge** vermindern, sondern zugleich auch die **Pressung** des aus der Düse strömenden Windes deprimiren. Daß letzteres nachtheilig wirkt, wird man einsehen, wenn man das in den folgenden Kapiteln über Compression, Geschwindigkeit und Menge der Gebläseluft Gesagte beherzigt.

Arrangement einer Windleitung.

Das Arrangement einer Windleitungs-Vorrichtung, welche überdies vielleicht nicht bloß Gebläse und Düse mit einander verbindet, sondern den Wind dazwischen auch noch durch einen Regulator und Lufterhitzungs-Apparat führt, ist natürlicherweise sehr von lokalen Verhältnissen abhängig. Aus diesem Grunde lassen sich keine speciellen Regeln für ein solches Arrangement ertheilen, wohl aber einige allgemeine, die aus folgenden physikalischen Gesetzen entnommen werden können, welche das Hindurchströmen der Luft durch Röhren betreffen. Wir kennen diese Gesetze besonders durch die Versuche von **d'Aubuisson**, **Koch** und **Buff**.

Hierbei zu beachtende Gesetze.

1. Die Glätte der Röhrenwand ist von Einfluß auf die Menge der ausströmenden Luft.

2. Der Reibungswiderstand ist proportional der Röhrenlänge und der Luft-Dichtigkeit, annähernd proportional dem Quadrate der Luftgeschwindigkeit *), umgekehrt proportional dem Röhrendurchmesser.

*) Nach **Buff** soll der Reibungswiderstand bei Geschwindigkeiten unter 80 Par. Fuß pro Sekunde in einem geringeren Verhältnisse als die Quadrate der Geschwindigkeit zunehmen.

3. Die Stärke der Krümmung einer Luftleitungsröhre trägt zur Vermehrung der Reibung nichts bei, vorausgesetzt daß die innere Weite überall dieselbe bleibt *).

4. Eine beträchtliche Vermehrung des Luftausströmens tritt ein, wenn die Luft, bevor sie zur Düse gelangt, bereits eine Zusammenziehung erlitten hat, welche einen allmäligen Uebergang aus der Windleitungsröhre in die Düse bildet.

5. Wenn bei Anwendung erhitzter Gebläseluft dieselbe Luftmenge durch eine Röhrenleitung strömen soll, wie bei Anwendung kalter, so vermehren sich die Reibungswiderstände nach demselben Gesetze wie das Volumen der Luft.

6. Bei verschiedener Temperatur, aber gleicher Spannung der austretenden Luft entstehen dieselben Reibungswiderstände.

Die Entwicklung dieser Gesetze von Buff findet man in den Stud. des Götting. Ver., Bd. 4, S. 131. — Die specielle Einrichtung einer Windleitung, durch welche der von einem Cylinder-Gebläse gelieferte und darauf durch einen Lufterhitzungs-Apparat strömende Wind nach verschiedenen Oefen geführt wird, ist in dem von den Lufterhitzungs-Apparaten handelnden Kapitel durch eine Zeichnung erläutert.

G. Von der Compression der Gebläseluft und der Messung ihres Grades.

In der ersten Abtheilung dieses Abschnittes, welche von den der Anwendung der Brennmaterialien zu Grunde liegenden Principien handelte, wurde bereits angedeutet, auf welche Weise die comprimirte Luft zur Erhöhung der Temperatur im Verbrennungsraume wesentlich beitrage. Hier ist der rechte Ort, diesen wichtigen Gegenstand einer ausführlicheren Betrachtung zu unterwerfen.

Pressung des Windes erhöht die Temperatur.

Denken wir uns einen schachtförmigen Ofenraum mit einem Gemenge von Holzkohlen und Beschickung angefüllt und die Verbrennung der ersteren durch einen am unteren Theile des Schachtes einmündenden Luftstrom unterhalten, so ist zunächst klar, daß an keinem Orte des Ofenraumes eine höhere Temperatur erzeugt werden kann, als die, welche durch Verbrennung von Holzkohlen in atmosphärischer Luft hervorgebracht wird. Dieses Temperatur-Maximum wird die mit dem Stickstoff der zersetzten atmosphärischen Luft gemengte Kohlensäure besitzen, welche an der Ober-

*) Die vollkommene Richtigkeit dieses Gesetzes dürfte zu bezweifeln seyn, wenn es sich annehmen läßt, daß sich die Luft — wenigstens bei geringeren Compressionsgraden — in dieser Beziehung dem Wasser sehr ähnlich verhält.

fläche der verbrennenden Kohlen gebildet wird und von hier aus — in den zwischen dem gröblichen Haufwerke der Kohlen und Beschickung vorhandenen Zwischenräumen — im Schachte aufsteigt. Es ist aber leicht einzusehen, daß die mittlere Temperatur des aufsteigenden heißen Gasstromes, selbst wenn wir dieselbe für die heißeste Zone des Ofens bestimmen, jedenfalls hinter dem gedachten Maximum zurückbleiben müsse, weil jener Gasstrom fortwährenden Wärmeverlusten ausgesetzt ist. Diese Wärmeverluste entstehen hauptsächlich 1) durch Wärmeableitung der Ofenwände, 2) durch die Erwärmung sämmtlicher Theile der ganzen Ofenfüllung (Holzkohle und Beschickung), welche jenes Temperatur-Maximum nicht erreicht haben, 3) durch Schmelzung der Beschickung — Uebergehen ihres festen Aggregatzustandes in den flüssigen — und damit verbundene Wärme-Absorption, 4) durch theilweise Umwandlung der gebildeten Kohlensäure in Kohlenoxyd und dadurch ebenfalls veranlaßte Wärme-Absorption (s. S. 387). Indem nun alle diese und andere Umstände unausgesetzt an dem Temperatur-Maximum des heißen Gasstromes so zu sagen zehren, so wird dadurch verhindert, daß sich die mittlere Temperatur des Gasstromes bis zu diesem Maximum erhebt. Der Grad der Annäherung der ersteren an letzteres kann natürlich nicht für alle Stellen des Schachtofens der nämliche seyn, überall aber wird er von dem Verhältnisse abhängen, welches zwischen den erzeugten und den verloren gehenden Wärmemengen stattfindet. Je größer das Quantum der heißen Gase ist, welches sich in einer gegebenen Zeit innerhalb eines gegebenen Raumes entwickelt, eine verhältnißmäßig desto geringere Erniedrigung wird die ursprüngliche hohe Temperatur dieser Gase erleiden; denn die Wärme-Verluste können sich, wie man leicht begreift, nicht in gleichem Verhältnisse mit der Zunahme der Gas-Entwicklung steigern. Offenbar bewirkt aber die comprimirte Gebläseluft — im Vergleich zu einem nicht oder weniger comprimirten Luftstrome — eine solche Vermehrung der Gas-Entwicklung oder, was dasselbe sagen will, der brennenden Kohlenpartikel innerhalb eines gewissen Raumes, nämlich innerhalb einer der Düsenmündung nahe liegenden Zone. Sie strömt hier nicht allein mit einer bedeutenden Geschwindigkeit (s. das folgende Kapitel: von der Geschwindigkeit der Gebläseluft u. s. w.) auf die Kohlenstücke, sondern umgiebt dieselben auch, da sich ihrer Ausdehnung Hindernisse in den Weg stellen, in einem Zustande der Compression, welcher ihre entzündende Wirkung nicht — wie ein ungepreßter Luftstrom thun würde — auf die Oberfläche der Kohlen beschränkt, sondern diese Wirkung auf eine rings um jedes Kohlenstück laufende Schicht ausdehnt. Je stärker die Gebläseluft comprimirt ist, desto tiefer wird sie in die poröse Masse der Kohlen eindringen und desto stärker wird bei jedem Kohlenstücke — besonders an der vom Winde un-

mittelbar getroffenen Seite desselben — die Schicht der brennenden Kohlenpartikel werden.

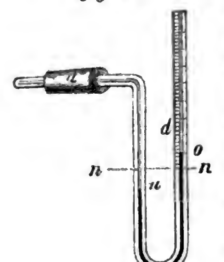
Lage der heißesten Zone.

Nicht für unseren jetzigen Zweck, sondern für einen später zu behandelnden Gegenstand bedarf es hier noch der Bemerkung, daß die durch gepreßte Luft erzeugte Zone der höchsten Temperatur nicht etwa dicht vor der Düse, sondern — da sich der ganze Gasstrom aufwärts nach der Gicht des Ofens bewegt — in einiger Entfernung darüber zu suchen sey. So lange nämlich in dem aufsteigenden Gasstrome noch unverbrannte atmosphärische Luft vorhanden ist, wird seine mittlere Temperatur hierdurch herabgezogen. In der Nähe der Düse ist dies aber unzweifelhaft der Fall; erst in einiger Entfernung über derselben hat aller Sauerstoff der eingeblasenen Luft Gelegenheit gefunden, mit Kohle zu Kohlensäure zu verbrennen, und an dieser Stelle ist es, wo das in der darunter liegenden Düsen-Zone entwickelte Quantum der heißen Gase zur vollen Wirkung gelangt und eine darüber liegende Zone der höchsten Temperatur bildet. Noch weiter aufwärts wird, aus mehrfachen Gründen — besonders aber wegen der Verwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd — wieder eine allmälige Abnahme der Temperatur eintreten.

Abhängigkeit der Windpressung.

Halten wir für jetzt das Resultat fest, um welches es sich hier vorzugsweise handelt, nämlich: die Erhöhung der Temperatur in einer gewissen Ofen-Zone durch Anwendung comprimirter Gebläseluft, und die Abhängigkeit des Grades dieser Erhöhung — unter sonst gleichen Umständen — von dem Grade der Pressung der Gebläseluft. Hieraus folgt zunächst, daß die Compression der Gebläseluft um so mehr erhöht werden muß, je strengflüssiger die Beschickung ist. Jedoch auch die Beschaffenheit des Brennmaterials hinsichtlich der Porosität wird hierbei in Betracht kommen. So erfordern z. B Kohks, welche eine viel dichtere und schwerer verbrennliche Masse besitzen als Holzkohlen, einen stärker gepreßten Wind als letztere. Daß es unter solchen Verhältnissen von Wichtigkeit seyn muß, den Grad der Compression der Gebläseluft durch Messung bestimmen und danach den Gang des Gebläses für verschiedene Schmelz-Processe reguliren zu können, ergiebt sich von selbst.

Fig. 109.



Manometer.

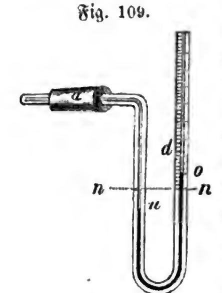
Das Instrument, dessen man sich zur Messung der Compression der Gebläseluft bedient, heißt **Manometer**. In seiner einfachsten Gestalt hat dasselbe eine Einrichtung, wie nebenstehende Figur zeigt.

Einfachste Art.

Es besteht in einer *u*-förmig gebogenen, an beiden Enden offenen Glasröhre, welche bis zu einem Niveau *n n* mit Wasser oder Quecksilber

gefüllt ist. Der eine Schenkel dieser Röhre ist außerdem noch an seinem oberen Ende unter einem rechten Winkel gebogen und an seinem horizontalen Theile mit einem darüber geschobenen Korke *a* versehen, welcher in eine entsprechende Oeffnung der Windleitung luftdicht eingesteckt wird. Auf diese Weise communicirt also dieser Röhrenschenkel mit der Windleitung, was zur Folge hat, daß die in letzterer vorhandene comprimirte Luft das Niveau *nn* verändert, nämlich in dem einen Schenkel erniedrigt und in dem anderen erhöht. Sind beide Schenkel in allen ihren von der Flüssigkeit berührten Theilen von gleicher innerer Weite, so wird das vor der comprimirten Luft niedergedrückte Niveau *u* um eben so viel unter dem ursprünglichen Niveau *nn* zu liegen kommen, als das Niveau *o* darüber erhoben worden ist. Die Flüssigkeitssäule *ou* — deren Höhe gleich der Höhen-Differenz der Flüssigkeitssäulen in beiden Schenkeln ist, und welche auch durch 2 *nu* oder 2 *no* ausgedrückt werden kann — ist das Maaß der Compression der Gebläseluft. Wäre diese Compression $= 0$, d. h. befände sich die Gebläseluft in dem Dichtigkeitszustande der atmosphärischen Luft, so würde die Flüssigkeit in beiden Röhrenschenkeln gleich hoch, nämlich im Niveau *nn*, zu stehen kommen; je größer die Compression dagegen ist, desto höher wird die Flüssigkeitssäule *ou* werden, und ihre Höhe wird sich vermittelst der Graduirung *d* des einen Schenkels leicht bestimmen lassen. Man drückt diese Höhe — und also auch den Compressionsgrad der Gebläseluft — gewöhnlich in Zollen oder Linien aus, und die Graduirung hat deshalb eine demgemäße Eintheilung. Eine Gebläseluft von z. B. 10 Linien Quecksilberdruck ist also eine solche, deren Compression durch eine Quecksilbersäule von 10 Linien Höhe das Gleichgewicht gehalten wird; eine Gebläseluft von 14 Zoll Wasserdruck ist eine solche, bei welcher dies durch eine Wassersäule von 14 Zoll Höhe geschieht. Es ist leicht einzusehen, daß bei einer derartigen Messung durch die Skala des Manometers vorausgesetzt wird, daß der graduirte Schenkel eine vollkommen lothrechte Stellung habe, widrigenfalls die drückende Flüssigkeitssäule zu hoch angegeben werden würde. Eine in dieser Hinsicht vollkommenere Einrichtung hat daher das in Fig. 110 abgebildete Manometer.

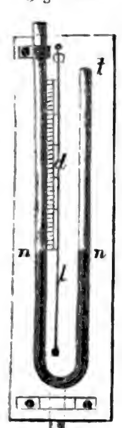
Fig. 109.



Vollkommenere Art.

Die u-förmig gebogene Röhre ist hier auf einem Brettchen oder einer Metallscheibe befestigt, worauf zugleich die Skala d angebracht ist. Das ursprüngliche Niveau nn des Quecksilbers fällt mit dem Nullpunkt dieser Skala zusammen. Der eine Röhrenschenkel geht bei l durch eine Oeffnung der Metallscheibe und biegt sich von hier hinter derselben niederwärts nach der Metallröhre a, welche mittelst eines Stöpsels in eine dazu bestimmte Oeffnung der Windleitung eingesteckt wird. Mit Hülfe des Lothes l stellt man den Apparat genau senkrecht ein. Die Skala ist in halbe Linien getheilt, welche aber in der Bezeichnung als ganze Linien aufgeführt sind. Dies geschieht aus dem einfachen Grunde, weil jeder Erhebung des Quecksilbers über den Nullpunkt in dem einen Schenkel eine eben so große Erniedrigung desselben unter den Nullpunkt in dem anderen Schenkel entspricht, die ganze Niveau-Differenz also gleich der doppelten Erhebung ist. Bei Manometern, deren beide Schenkel mit Skalen versehen sind, braucht man natürlich hierauf nicht Rücksicht zu nehmen; und eben so wenig braucht dies bei Manometern mit verschiebbarer Skala zu geschehen, weil man bei diesen den Nullpunkt stets auf das niedergedrückte Niveau einstellen kann.

Fig. 110.



Andere Arten d. Manometer

Außer den hier beschriebenen beiden Manometern giebt es deren noch viele andere; die Abweichungen ihrer Construktionen beruhen jedoch nur in unwesentlichen Umständen. Als eine besondere Art der Manometer sind allenfalls die sogenannten Reise-Manometer zu erwähnen, deren Einrichtung darauf berechnet ist, dieselben bequem und sicher transportiren zu können. — Alle Manometer gewöhnlicher Construktion haben den Uebelstand, daß alle Ungleichmäßigkeiten in der Compression der Gebläseluft auf die Höhe der Wasser- oder Quecksilbersäule des Manometers einwirken und diese dadurch in ein Schwanken versetzen, welches eine genaue Bestimmung der Druckhöhe oft sehr schwierig macht. Bei Wasser-Manometern sind diese Schwankungen natürlich viel stärker als bei Quecksilber-Manometern, weshalb man erstere auch nur selten angewendet findet; aber auch bei letzteren können die Oscillationen der Quecksilbersäule unbequem genug werden, wenn die Gebläseluft keine sehr gleichmäßige Pressung besitzt. Nordenskjöld (Dingler's polytechn. Journ. Bd. 68, S. 437) hat daher vorgeschlagen, sich in solchen Fällen eines Manometers zu bedienen, bei welchem die u-förmige Röhre an ihrem unteren — zwischen beiden senkrechten Schenkeln gelegenen — Theile mehr oder weniger verengt ist. Diese Verengung erschwert die Communikation des Quecksilbers

in beiden Schenkeln, wodurch kleinere Unregelmäßigkeiten in der Windpressung weit weniger bemerkbar auf die Quecksilbersäule des Manometers wirken können.

Manom. für erhitzte Luft.

Zur Bestimmung des Compressionsgrades der erhitzten Gebläseluft bedarf das Quecksilber-Manometer einer Vorrichtung, welche das Erhitzen des Quecksilbers in demselben möglichst verhindert. Zwar siedet das Quecksilber erst bei 350° C., und so hoch pflegt die Erhitzung der Gebläseluft selten getrieben zu werden, allein auch bei einer geringeren Temperatur würde allmälig ein bedeutender Theil des Quecksilbers verdampfen, und das Manometer sogleich — wenn es keine verschiebbare Skala besäße — dadurch unrichtig werden. Zur Vermeidung einer solchen nachtheiligen Erhitzung hat man zwei Mittel. Entweder wird der mit der Windleitung in Verbindung stehende Manometer-Schenkel mit einem Hahne versehen, vermittelst dessen man den Eintritt der erhitzten Luft in das Manometer absperren kann, und den man nur dann eine kurze Zeit lang öffnet, wenn der Manometerstand abgelesen werden soll (s. Atlas zu Karsten's Eisenhüttenkunde, 3te Aufl., Tab. IX., Fig. 17 — 20); oder man sorgt dafür, daß der mit der Windleitung communicirende Schenkel durch rinnendes Wasser beständig kühl erhalten wird.

Vergleich. der Wasser-Man. mit d. Quecks.-Manom.

Da die Quecksilber-Manometer den Vorzug vor den Wasser-Manometern verdienen und deshalb häufiger angewendet werden, so beziehen sich die meisten manometrischen Angaben auf die ersteren. Für den selteneren Fall, daß eine Windpressung durch die Höhe einer Wassersäule ausgedrückt ist, läßt sich eine solche Angabe dadurch auf die eines Quecksilber-Manometers zurückführen, daß man jene Höhe durch das spec. Gew. des Quecksilbers = 13,596 (Regnault) dividirt. Ist also M' der in Fußen angegebene Stand eines Wasser-Manometers, so ist der entsprechende, in Zollen ausgedrückte Stand eines Quecksilber-Manometers

$$M = \frac{M'}{13,596}\, 12 = 0,882\, M,$$

Compression in Gewichten ausgedrückt.

Mitunter wird die Windpressung nicht in Manometergraden (Zollen oder Linien bei Quecksilber-Manometern), sondern in Pfunden oder anderen Gewichten angegeben. Dies geschieht auf die Weise, daß man denjenigen Druck, welchen die comprimirte Luft auf eine Fläche von bestimmter Größe — in der Regel 1 □Zoll — ausübt, in Pfunden oder dergl. ausdrückt, deren Anzahl aus dem Manometerstande leicht gefunden werden kann. Man braucht nämlich nur zu berechnen, wie groß das Gewicht einer Quecksilbersäule von 1 □Zoll Grundfläche und von der Höhe des Manometerstandes M ist. Der cubische Inhalt dieser Säule ist $= M$ Cub.-Zoll. Da nun 1 Cub.-Zoll Wasser $^{11}/_{9}$ Preuß. Loth wiegt und das

specif. Gew. des Quecksilbers = 13,596 ist, so ist folglich der gesuchte Druck auf 1 □Zoll, in Pfunden ausgedrückt,

$$P = 13{,}596 \;.\; {}^{11}/_{9} \;.\; {}^{1}/_{32}\, M = 0{,}5193\, M.$$

Die Anzahl der auf einen Quadratzoll drückenden Pfunde ist folglich annähernd gleich der halben Anzahl der Zolle des Manometerstandes. Eine Gebläseluft von 4 Zoll Manometerstand drückt auf 1 □Zoll etwa mit einer Kraft von 2 Pfunden.

Die Bestimmung der Wind-Compression durch die Höhe einer Quecksilbersäule ist für die Praxis völlig ausreichend, indem es sich hier nur darum handelt, ein einfaches Mittel zur Erkennung verschiedener Windpressungen zu besitzen und diese auf eine sichere und anschauliche Weise bezeichnen zu können. Will man dagegen die Dichtigkeit einer Gebläseluft erfahren oder, mit anderen Worten, die Volum-Verminderung ermitteln, welche dieselbe durch die comprimirende Wirkung des Gebläses erlitten hat, so kann dies durch Berechnung aus dem Manometerstande geschehen. Während die gewöhnliche atmosphärische Luft, in Folge ihrer eigenen Schwere, einen Druck auszuhalten hat, welcher durch die Höhe der Quecksilbersäule des Barometers gemessen wird, befindet sich die Gebläseluft nicht allein unter der Einwirkung dieses ursprünglichen, sondern auch noch desjenigen Druckes, den die comprimirende Kraft des Gebläses erzeugt und dessen Größe wir durch die Quecksilbersäule des Manometers kennen lernen. Bezeichnen wir daher den Barometerstand mit B, den Manometerstand mit M, den auf der gewöhnlichen atmosphärischen Luft lastenden Druck mit d, und den auf der Gebläseluft lastenden Druck mit D, so ist:

Volum der comprimirten Luft.

$$d : D = B : B + M.$$

Nach dem Mariotte'schen Gesetze steht aber das Volumen der Luft im umgekehrten Verhältnisse zu dem auf dieselbe ausgeübten Drucke, aus welchem Grunde sich, wenn wir das Volumen irgend einer Quantität atmosphärischer Luft = 1 und das Volumen derselben Gewichtsmenge Gebläseluft = v setzen, verhalten muß:

$$1 : v = B + M : B,$$

woraus sich ergiebt

$$v = \frac{B}{B + M}.$$

Bei einem Barometerstande von 28″ und einem Manometerstande von 4″ würde also das Volumen der Gebläseluft $= \frac{28}{28 + 4} = {}^{7}/_{8}$ seyn, d. h. die atmosphärische Luft wäre bis auf $^{7}/_{8}$ ihres ursprünglichen Volums zusammengedrückt worden.

Gewöhnliche Wind-Pressungen.

Die am gewöhnlichsten angewendeten Windpressungen liegen zwischen $1/2''$ und $3''$ Quecksilber. Daß höhere Pressungen als $3 — 4''$ selten vorkommen, liegt zum Theil in der Schwierigkeit, so hohe Pressungen zu erzeugen, zum Theil aber auch wohl in der nicht richtigen Würdigung der gesteigerten Leistungen eines stark gepreßten Windes im Vergleich zu einem schwachen. Wir werden später, besonders beim Eisenhohofen-Processe, Gelegenheit haben, uns davon zu überzeugen. — Genaue Vorschriften hinsichtlich der für verschiedenes Brennmaterial (Nadelholzkohle, Laubholzkohle, leichte Kohks, schwere Kohks u. s. w.) zweckmäßigsten Windpressungen lassen sich nicht ertheilen, weil sich diese Pressungen auch nach anderen Umständen, namentlich nach der Beschaffenheit der Beschickung, richten müssen. Bei Eisenhohöfen dürfte im Allgemeinen nicht leicht eine zu hohe Pressung angewendet werden können.

II. Von der Geschwindigkeit der Gebläseluft und der Berechnung derselben.

Ihr Einfluß auf die Temperatur.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Gebläseluft aus der Düse strömt, ist eine Folge ihrer Compression, und der Grad dieser Geschwindigkeit größtentheils von dem Grade der Compression abhängig. Die Erhöhung der Temperatur in einer gewissen Zone des Ofenschachtes durch Anwendung comprimirter Luft wird nicht bloß — wie im vorigen Kapitel gezeigt wurde — durch die Compression der letzteren hervorgebracht, sondern die hiermit in Verbindung stehende Geschwindigkeit hat ebenfalls ihren Theil daran. Es ist nämlich klar, daß innerhalb eines gegebenen, mit Kohlenstücken angefüllten Raumes in einer gegebenen Zeit desto mehr Kohlenpartikel verbrennen müssen, je schneller die gasförmigen Verbrennungs-Produkte entfernt und durch neue atmosphärische Luft ersetzt werden.

Berechnung ihrer Geschwindigkeit.

Es würde keinen Nutzen für die Praxis gewähren, die Geschwindigkeit der Gebläseluft zu berechnen, wenn dies nicht zur Ermittelung der Menge derselben (s. das folgende Kapitel) nothwendig wäre. Eine solche Berechnung gründet sich hauptsächlich auf den Manometerstand und wird in folgender Weise ausgeführt. Es sey der in Zollen ausgedrückte Stand des Quecksilber-Manometers $= M$ und der gleichzeitige des Barometers $= B$. Der auf der comprimirten Luft innerhalb der Düse lastende Druck ist alsdann, wie schon gezeigt wurde, gleich einer Quecksilbersäule $B + M$, während der Druck der atmosphärischen Luft vor der Düse durch eine Quecksilbersäule B ausgedrückt wird. Wären es wirklich zwei solche Quecksilbersäulen, welche mit ihrer Schwere — in einem Paare

communicirender Röhren — gegen einander wirkten, so würde, nach einem bekannten Gesetze, ein Ausströmen des Quecksilbers mit einer Geschwindigkeit $2\sqrt{gh} = 2\sqrt{15{,}625 \frac{M}{12}}$ Preuß. Fuß in der Sekunde erfolgen; da aber der ausströmende Körper nicht Quecksilber, sondern comprimirte Luft ist, so müssen wir für die Quecksilbersäule M eine Luftsäule von gleicher Schwere, gleichem Querschnitt und der betreffenden Compression substituiren, um die Geschwindigkeit ihres Ausströmens zu erhalten. Das specif. Gew. des Quecksilbers ist $= 13{,}596$ und das Volumen der völlig trocknen Luft bei 28″ Bar.*) und 0° Temp. 772mal so groß als das des Wassers; es wird also eine Luftsäule von der Höhe $13{,}596 \,.\, 772 \,.\, M$ bei gleicher Grundfläche dieselbe Schwere besitzen wie eine Quecksilbersäule von der Höhe M. In dieser Luftsäule ist aber die Luft von gewöhnlicher atmosphärischer Dichtigkeit angenommen, nämlich nur unter dem Drucke B stehend, während dieselbe dem innerhalb der Düse herrschenden Drucke $B + M$ ausgesetzt seyn soll. Ist letzteres der Fall, so verkürzt sich ihre Höhe — da das Volumen der Luft im umgekehrten Verhältnisse zu dem Drucke steht — in dem Verhältnisse von $B + M : B$ und wird deshalb $= 13{,}596 \,.\, 772 \,.\, M \frac{B}{B+M}$. Nennen wir G die Geschwindigkeit der bei einem Manometerstande M ausströmenden Gebläseluft, so ist folglich

$$G = 2\sqrt{15{,}625 \,.\, 13{,}596 \,.\, 772 \,.\, \frac{M}{12} \,.\, \frac{B}{B+M}}.$$

Die aus diesem Ausdruck sich ergebende Zahl ist gleich der Anzahl von Preuß. Fußen, welche die aus der Düse strömende Luft während einer Sekunde durchläuft. Es darf aber hierbei nicht außer Acht gelassen werden, daß die Zahl 772, welche das Volumen der Luft im Verhältniß zu dem des Wassers ausdrückt, keine constante ist; denn dies Verhältniß ist vom Barometer-, Thermometer- und Hygrometerstande abhängig und die Zahl 772 gilt nur für den speciellen Fall, daß der Barometerstand $= 28''$ Paris. $= 28{,}980''$ Preuß., der Thermometerstand $= 0^0$ und der Hygrometerstand ebenfalls $= 0^0$ ist. Zur Correktion für alle hiervon abweichenden Fälle muß daher die Zahl 772 mit drei Coefficienten multiplicirt werden, welche ihr die erforderliche Veränderung ertheilen. Da das Volumen der Luft in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem der Barometerstand wächst, so ist der Correktions-Coefficient hinsichtlich des letzteren

*) Nämlich 28 Pariser Zoll; nicht zu verwechseln mit 0,76ᵐ, welche $= 28{,}075$ Pariser Zoll sind.

$= \frac{28,98}{B}$; da sich ferner die Luft für jeden Grad der hunderttheiligen Skala um 0,003665 ihres Volumens bei 0° ausdehnt, so ergiebt sich der Correktions-Coefficient für den Thermometerstand zu $1 + t \,.\, 0,003665$, wenn $t =$ der in Graden Celsius ausgedrückten Lufttemperatur ist. Den hygrometrischen Correktions-Coefficienten wollen wir mit w bezeichnen. Durch Einführung dieser drei Coefficienten in die Formel wird

$$G = 2\sqrt{15,625 \,.\, 13,596 \,.\, 772 \,.\, \frac{28,98}{B}(1 + t \,.\, 0,003665) \,.\, w \,.\, \frac{M}{12} \,.\, \frac{B}{B+M}},$$

welcher Ausdruck sich reduciren läßt zu

$$G = 1258,67\sqrt{\frac{M}{B+M}(1 + t \,.\, 0,003665)\, w}.$$

Damit der richtige Werth für M, den Manometerstand, in Rechnung gebracht wird, muß das Manometer, wie oben erwähnt, der Düsenöffnung so nahe wie möglich angebracht werden; nun läßt sich aber das Manometer nicht gut weiter vorrücken als bis an das hintere Ende der Düse, und folglich hat die comprimirte Luft zwischen Manometer und Düsenmündung noch den Widerstand zu überwinden, welcher eine Folge der Contraktion der Düsenröhre ist. Die Geschwindigkeit G erleidet hierdurch eine Verminderung, deren Größe d'Aubuisson, Schmidt und Koch durch Versuche zu ermitteln gesucht haben. Die neuesten dieser Versuche wurden von Koch angestellt. Buff hat durch Berechnung aus denselben einen Correktions-Coefficienten für die Düsen-Contraktion abgeleitet, welcher $= 0,92\,(1 - 0,079\sqrt{h})$ ist, wenn h den in Fußen ausgedrückten Stand eines Wasser-Manometers bezeichnet*). Um diesen Coefficienten auf ein Quecksilber-Manometer zu beziehen, muß daher $h = 13,596\,\frac{M}{12}$ gesetzt werden, wodurch sich derselbe zu $0,92\,(1 - 0,0084\sqrt{M})$ verändert. Durch Anbringung dieses Coefficienten wird

$$G = 1158\,(1 - 0,084\sqrt{M})\sqrt{\frac{M}{B+M}(1 + t \,.\, 0,003665)\, w} \qquad (17)$$

Um diese Formel auf einen speciellen Fall anzuwenden, hat man also in dieselbe einzuführen für:

---

*) Dieser Coefficient dient eigentlich nicht allein zur Berichtigung der Luftmenge hinsichtlich der Düsen-Contraktion, sondern auch zur Berichtigung derselben in Betreff des Umstandes, daß die Luft ein sehr elastisches Fluidum ist, welches — besonders bei höheren Pressungen — nicht ganz denselben Ausströmungsgesetzen folgt wie das Wasser. Bei unserer Berechnung von G wurde letzteres aber angenommen.

M, den in Preuß. Zollen ausgedrückten Stand des Quecksilber-Manometers,

B, den Barometerstand, ebenfalls in Preuß. Zollen,

t, die Temperatur der Gebläseluft in Graden der hunderttheiligen Skala,

w, den Correktions-Coefficienten in Betreff des Feuchtigkeits-Gehaltes der Gebläseluft. Man hat hierzu Tabellen *), welche angeben, wie sich das Volumen eines Gewichtstheiles trockner Luft zu dem eines Gwthl. Luft verhält, welches den vom Hygrometer angegebenen Feuchtigkeitsgrad besitzt. Dies Volumen-Verhältniß — das Volumen der trocknen Luft $= 1$ gesetzt — ist $= w$.

Man findet auf solche Weise:

G, die Geschwindigkeit der ausströmenden Gebläseluft in Preuß. Fußen, d. h. den in Preuß. Fußen ausgedrückten Weg, welchen die aus der Düsenöffnung strömende comprimirte Luft während einer Sekunde zurücklegt, oder vielmehr zurücklegen würde, wenn sie die Geschwindigkeit ihres ersten Ausströmungs-Momentes beibehielte.

Den Correktions-Coefficienten w braucht man nur einzuführen, wenn es sich um sehr genaue Bestimmungen handelt, indem G durch Weglassung desselben nur unerheblich verändert wird, vorausgesetzt, daß keine besonderen Umstände obwalten, welche den Feuchtigkeitsgehalt der Gebläseluft zu einem abnormen Grade erhöhen.

Die Formel (17) gilt natürlich sowohl für gewöhnliche als für erhitzte Gebläseluft. Da letztere stets über 100° C. erhitzt zu seyn pflegt, so erlangt der Coefficient $1 + t \,.\, 0{,}003665$ dadurch eine Größe, welche bedeutend über 1 steigt. Bei Gebläseluft von gewöhnlicher Temperatur ist dies zwar nicht der Fall, aber dieser Coefficient ist dennoch auch hier bedeutend genug, um nicht vernachlässigt werden zu dürfen. So z. B. ist er für eine Gebläseluft von $- 20^0 = 0{,}9267$, für eine Gebläseluft von $+ 20^0$ aber $= 1{,}0733$. Die Wurzeln aus diesen Zahlen sind 0,963 und 1,036. Die Geschwindigkeiten der Gebläseluft, welche ein Gebläse bei -20^0 C. und $+20^0$ C. (unter übrigens gleichen Umständen) erzeugt, verhalten sich also wie 96,3 zu 103,6 oder wie 100 : 107,6. Man erhält also bei $+20^0$ C. eine beinahe um 8 Proc. größere Geschwindigkeit als bei $- 20^0$ C.

---

*) Solche Tabellen findet man in Karsten's Metallurgie Bd. 3, S. 273, in Karsten's Eisenhüttenkunde Bd. 2, S. 586 (von Schmidt) und in Karsten's und von Dechen's Archiv f. Min., Geogn., Bergb. und Hüttenk. Bd. 21, S. 49 (von G. Karsten).

I. Von der Menge der Gebläseluft und der Berechnung derselben.

Ihr Einfluß auf die Temperatur.

Als von der Wirkung die Rede war, welche Compression und Geschwindigkeit der Gebläseluft auf die in einem Schachtofen erzeugte Temperatur ausüben, wurde bereits angeführt, daß diese Temperatur von der Anzahl der innerhalb eines gegebenen Raumes und in einer gegebenen Zeit verbrannten Kohlenpartikel abhängig sey. Offenbar ist nun aber auch die Menge der Gebläseluft, welche in einer gegebenen Zeit durch ein Gebläse in den Schachtraum eingeblasen wird, hierbei von Einfluß. Denken wir uns zwei Schachträume von gleichen Dimensionen und beide mit Gebläseluft von gleicher Pressung gespeist, in den einen Schachtraum aber eine größere Menge derselben eingeblasen als in den anderen, so ergiebt es sich von selbst, daß in ersterem eine höhere Temperatur entstehen müsse als in letzterem, weil — wenn alle eingeblasene Luft zur Verbrennung gelangt — die größere Windmenge in gleicher Zeit natürlich mehr Kohlenpartikel verbrennen wird als die kleinere.

Verhält. zwisch. Windmenge, Temperatur u. Pressung.

In der Anwendungsart der gewöhnlichen Gebläseluft besitzen wir also zwei wichtige Mittel zur Temperatur-Erhöhung: Pressung des Windes und Menge desselben. Hieraus ergiebt sich unmittelbar der Satz: Durch eine geringere Menge stark gepreßten Windes kann in einem Hohofen dieselbe Temperatur erzeugt werden, wie durch eine größere Menge schwächer gepreßten Windes *). Dieser Satz spielt eine sehr wichtige Rolle in der Theorie des Schachtofen-Schmelzprocesses, und wir werden später mehrfach Gelegenheit finden, uns auf denselben zu beziehen.

Berechnung d. Windmenge.

Die direkte Beziehung, in welcher die Windmenge zur Ofen-Temperatur und zum Brennmaterial-Verbrauche steht, macht es nothwendig, die Windmenge einer strengen Controle zu unterwerfen, was mittelst Berechnung aus dem Manometerstande geschieht. Hat man, vermittelst der Formel (17) bereits die Geschwindigkeit G bestimmt, so ist diese Berechnung sehr einfach; um zu erfahren, wieviel Cubikfuß Wind während einer Sekunde ausgeblasen werden, hat man nur diese Geschwindigkeit mit dem in Quadratfuß ausgedrückten Flächeninhalt der Düsenmündung zu multipliciren. Bezeichnen wir letzteren mit D, so ist jene Windmenge

*) Daß unter solchen Umständen die Anwendung eines stark gepreßten Windes, im Vergleich zu der eines schwach gepreßten, mit Brennmaterial-Ersparniß verknüpft seyn muß, ist einleuchtend. Einer näheren Betrachtung wird dieser Gegenstand im 2ten Theile der Metallurgie (beim Eisenhohofen-Processe) unterworfen werden.

$= D \cdot G$. Gewöhnlich pflegt man jedoch die pro Minute ausgeblasene Windmenge anzugeben, welche $= 60\, D \cdot G$ ist. Dieses Quantum besteht aber aus comprimirter Luft (s. die Entwicklung der Formel 17), nämlich aus Luft unter dem Drucke $B + M$ bei einem Barometerstande B, einem Thermometerstande t und einem Hygrometerstande w. Um nun die Windmengen, bei der Veränderlichkeit von M, B, t und w, stets mit einander vergleichen zu können, ist es erforderlich, dieselben auf einerlei Dichtigkeit, Temperatur und Hygrometerstand zu reduciren. Hierzu wählt man in der Regel einen Barometerstand von 28″ Preuß., einen Thermometerstand von 0° und einen Hygrometerstand ebenfalls von 0°. Es fragt sich also, welches Luftquantum man erhält, wenn jene $60\, D \cdot G$ Cubf. Luft hierauf reducirt werden. Ohne Schwierigkeit ist es einzusehen, daß $60\, D \cdot G$ zu diesem Zwecke mit folgenden vier Reduktions-Coefficienten multiplicirt werden müssen:

1) wegen des manometrischen Druckes mit $\frac{B + M}{B}$;

2) wegen des barometrischen Druckes mit $\frac{B}{28}$;

3) wegen der Temperatur mit $\frac{1}{1 + t \cdot 0{,}003665}$;

4) wegen des Hygrometerstandes mit $\frac{1}{w}$.

Bezeichnen wir das auf solche Weise reducirte Quantum der Gebläseluft mit Q, so ergiebt sich

$$Q = \frac{B+M}{B} \cdot \frac{B}{28} \cdot \frac{1}{1 + t \cdot 0{,}003665} \cdot \frac{}{w} \cdot 60\, D \cdot G$$

$$Q = 2{,}143 \frac{B + M}{(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}\, D \cdot G$$

und wenn man für G den in Formel (17) angegebenen Werth einführt:

$$Q = 2{,}143 \frac{B + M}{(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w} D \cdot 1158 (1 - 0{,}084 \sqrt{M}) \sqrt{\frac{M}{B + M} (1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}$$

$$Q = 2481\, (1 - 0{,}084 \sqrt{M})\, D \sqrt{\frac{M (B + M)^2}{B + M} \cdot \frac{(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}{(1 + t \cdot 0{,}003665)^2 w^2}}$$

$$Q = 2481\, (1 - 0{,}084 \sqrt{M})\, D \sqrt{\frac{M (B + M)}{(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}} \qquad (18)$$

In dieser Formel*) bezeichnet:

---

*) Berücksichtigt man die Elasticität der Luft bei der Berechnung ihrer Ausströmungs-Geschwindigkeit (s. die Anmerkung zu Formel 17), so erhält man nach Weisbach, die pro Minute ausströmende Luftmenge wie folgt:

M, den in Preuß. Zollen ausgedrückten Stand des Quecksilber-Manometers,

B, den in Preuß. Zollen ausgedrückten Stand des Barometers,

t, die Temperatur der Gebläseluft in Graden der hunderttheiligen Skala,

w, den Ausdehnungs-Coefficienten in Bezug auf den Feuchtigkeitsgrad der Gebläseluft,

D, den Flächeninhalt der Düsenmündung in Quadratf. Preuß.,

Q, die während einer Minute ausgeblasene Menge der Gebläseluft im nicht comprimirten Zustande, auf 28″ Preuß. Bar., 0° Therm. und 0° Hygr. reducirt.

Abhängigk. der Windmenge v. versch. Umst.

Auch hier gilt die schon bei der Formel (17) gemachte Bemerkung, daß der Coefficient w unter gewöhnlichen Umständen ohne erheblichen Fehler weggelassen werden kann.

Aus der Formel (18) folgt, daß, bei gleichem Manometerstande und gleicher Düsenöffnung, in einer gegebenen Zeit um so weniger Gebläseluft (auf 28 Preuß. Bar., 0° Therm. und 0° Hygr. reducirt) ausgeblasen wird, je niedriger der Barometer- und je höher der Thermometer- und Hygrometerstand ist. Bei Anwendung erhitzten Windes gelangt also, unter sonst gleichen Umständen, ein geringeres Quantum Luft in den Ofen, als bei Anwendung eines Windes von gewöhnlicher Temperatur. Wird es gefordert, daß in ersterem Falle dieselbe Luftmenge ausgeblasen werden, soll wie im zweiten, so muß die Düsenöffnung für den erhitzten Wind erweitert werden. Den Grad dieser Erweiterung findet man leicht aus Formel (18). Gesetzt, man hätte bisher Wind von der gewöhnlichen Temperatur t und eine Düse von der Mündung D angewendet, und man wollte nun eine bis zu T erhitzte Gebläseluft anwenden, aber von derselben Pressung und in derselben — auf 28″ Bar., 0° Therm. und 0° Hygr.

$$Q = 0{,}85 \cdot 60 \cdot 1258 \cdot \frac{B}{28} \cdot D \sqrt{\frac{log. nat. \left(\frac{B + M}{B}\right)}{(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}}$$

$$Q = 2291 \cdot B \cdot D \sqrt{\frac{log. nat. \left(\frac{B + M}{B}\right)}{(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}}$$

welches approximativ gleich ist

$$Q = 573\,(4\,B - M)\, D \sqrt{\frac{M}{B\,(1 + t \cdot 0{,}003665)\, w}}$$

Dieser Ausdruck führt sehr nahe zu demselben Resultate wie Formel (18), in welcher, wie in der citirten Anmerkung erwähnt, $0{,}92\,(1 - 0{,}084 \sqrt{M})$ zugleich als Correktions-Coefficient für die Luft-Elasticität dient.

reducirten — Menge, so würde sich die solchenfalls erforderliche Oeffnung D' der Düse aus folgender Gleichung ergeben:

$$D' \sqrt{\frac{1}{1 + T \,.\, 0{,}003665}} = D \sqrt{\frac{1}{1 + t \,.\, 0{,}003665}}$$

$$D' = \sqrt{\frac{1 + T \,.\, 0{,}003665}{1 + t \,.\, 0{,}003665}} \,.\, D.$$

Um den Radius r der neuen Düsenöffnung zu bestimmen, hat man jetzt nur nöthig, $r^2 \pi = D'$, also $r = \sqrt{\frac{D'}{\pi}}$ zu setzen.

K. Von dem Effekte der Gebläse.

Unter Effekt oder Wirkungsgrad eines Gebläses kann man zweierlei verstehen, nämlich 1) das Verhältniß der eingesogenen Luft zur ausgeblasenen, und 2) das Verhältniß der zum Betriebe eines Gebläses dienenden Kraft zu derjenigen Kraft, welche die wirklich nutzbare Arbeit verrichtet, nämlich die Luft comprimirt und austreibt. Die erste Art des Wirkungsgrades möge mit Wind-Effekt und die zweite mit Kraft-Effekt bezeichnet werden. Wenn kurzweg von dem Effekte eines Gebläses die Rede ist, pflegt man gemeiniglich die letztere Art desselben darunter zu verstehen.

Wind-Eff.

Den Wind-Effekt eines Gebläses findet man, wenn man nach Formel (18) die Menge der ausgeblasenen Luft von atmosphärischer Dichtigkeit u. s. w. berechnet und dieselbe durch die ganze Menge der vom Gebläse eingesogenen Luft dividirt. Man erhält hierdurch einen Bruch, welcher anzeigt, der wievielte Theil der eingesogenen Luft wirklich zum Ausströmen aus der Düse gelangt ist. Der fehlende Theil ist theils durch Undichtheit des Gebläses, theils durch schädlichen Raum verloren gegangen. Die Menge der eingesogenen Luft zu berechnen, ist bei der Mehrzahl der Gebläse eine ganz einfache mathematische Aufgabe; am einfachsten bei den Kolbengebläsen. Es handelt sich bei diesen zuerst darum, die während eines Kolbenspieles — eines Auf- und Niederganges des Kolbens — eingesogene Luft zu bestimmen. Ist z. B. bei einem Cylinder-Gebläse der Halbmesser der Kolbenscheibe oder, was dasselbe sagt, der Halbmesser des Blasecylinders im Lichten $= r$, und die Hubhöhe des Kolbens $= h$, so beträgt die während eines Kolbenaufganges eingesogene Luft $r^2\pi.h$. Bei einem doppelt wirkenden Cylinder-Gebläse, welches sowohl beim Auf- als Niedergehen des Kolbens Luft einsaugt, wird daher während eines vollständigen Spieles $2r^2\pi.h$ Luft eingesogen, und während einer Minute

Wind-Effekt eines Cylindergebläses.

$n . 2 r^2 \pi . h$, wenn n die Anzahl der während dieser Zeit vollbrachten Spiele bezeichnet. Der Wind-Effekt W wäre also in diesem Falle

$$W = \frac{Q}{2 n . r^2 \pi . h}$$

in welchen Ausdruck man den aus Formel (18) für Q berechneten Werth einzuführen hat. Sind mehrere doppelt wirkende Blasecylinder vorhanden, so muß der Nenner des Bruches natürlich noch mit der Anzahl dieser Cylinder multiplicirt werden. — Bei Balgengebläsen wird die während einer Minute eingesogene Luftmenge oder, was dasselbe ist, der von der bewegten Balgenfläche durchlaufene Raum folgendermaßen gefunden. Das Balgengebläse möge ein hölzerner Spitzbalg seyn. In nebenstehender Figur (a) seyn r der höchste, r' der niedrigste Stand des beweglichen Balgenbodens, folglich h = der Hubhöhe, einem Winkel α entsprechend. Die Gestalt des Balgenbodens geht aus dem Grundrisse (b) hervor. Es handelt sich also zuerst darum, den cubischen Inhalt des Raumes zu bestimmen, welchen die Fläche $b l c l$ durchläuft, indem sie sich so weit um die centrale Achse (das Scharnier oder Schloß) c bewegt, wie der Winkel α angiebt. Dieser Raum ist aber der $\frac{360}{\alpha}$ te Theil von demjenigen Raume,

W.-Eff. eines Holzbalges.

Fig. 111, *a*.

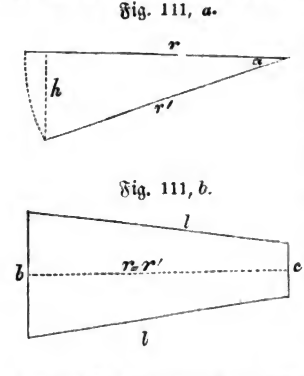


Fig. 111, *b*.

den das Paralleltrapez $b l c l$ durchläuft, wenn sich dasselbe einmal rings um die Achse c bewegt. Der cubische Inhalt des letzteren ist leicht zu finden; er ist gleich einem Cylinder von der Höhe b und dem Halbmesser r weniger zwei Kegeln von dem gleichen Halbmesser und der Höhe $\frac{b-c}{2}$, also

gleich
$$r^2 \pi . b - 2 . \tfrac{1}{3} r^2 \pi . \frac{b-c}{2}$$
$$= r^2 \pi [b - \tfrac{1}{3}(b-c)].$$

Der während des Hubes h durchlaufene Raum ist folglich gleich

$$\frac{360}{\alpha} r^2 \pi [b - \tfrac{1}{3}(b-c)]$$

Ist der Balgen ein einfach wirkender und macht n Spiele während einer Minute, so ist die während dieser Zeit eingesogene Luftmenge

$$Q' = n \frac{360}{\alpha} r^2 \pi [b - \tfrac{1}{3}(b-c)]$$

woraus sich der Wind-Effekt

$$W = \frac{Q}{n \frac{360}{\alpha} r^2 \pi [b - \frac{1}{3}(b - c)]}$$

ergiebt. Den Winkel α kann man durch Messung bestimmen oder aus der Gleichung $\frac{h}{r} = sin.\alpha$ berechnen; eben so kann r entweder direkt gemessen oder aus der Gleichung $r = \sqrt{l^2 - \left(\frac{b-c}{2}\right)^2}$ gefunden werden. — Bei einigen der Wassergebläse und bei den Windradgebläsen läßt sich die eingesogene Windmenge nicht genau durch Rechnung bestimmen, der betreffende Wind-Effekt also eben so wenig ermitteln.

Einfluß des schädl. Raumes auf den Wind-Effekt.

Die Wirkung des schädlichen Raumes auf den Wind-Effekt eines Gebläses läßt sich leicht durch Rechnung nachweisen. Gesetzt ein einfach wirkendes Kolbengebläse habe m Procent schädlichen Raum. Dies will sagen, daß derjenige Raum innerhalb des Gebläses, welcher auch bei der stat findenden größten Annäherung des Kolbens an den Cylinder- oder Kastenboden noch mit comprimirter Luft gefüllt bleibt, m Proc. von dem von der Kolbenfläche durchlaufenen Raume R beträgt. Im Momente der vollendeten Einsaugung befindet sich also eine Luftmenge $= R + \frac{m}{100} R$ von atmosphärischer Dichtigkeit im Gebläse. Bliebe die im schädlichen Raume vorhandene Luftmenge $\frac{m}{100} R$ auch während des Auspressens die nämliche, so wäre dies eben so gut, als wenn der schädliche Raum mit Holz, Eisen oder irgend einer in ihrem Volum constanten Substanz ausgefüttert wäre, d. h. als wenn gar kein schädlicher Raum existirte. Alsdann würde eine Luftmenge R eingesogen und dieselbe Luftmenge ausgepreßt werden. Wegen der Elasticität der Luft und des während des Auspressens auf dieselbe ausgeübten größeren Druckes vermehrt sich aber hierbei das Luftquantum im schädlichen Raume; und dieser Zuwachs kann nur auf Kosten der ausströmenden Luft geschehen. Es wird nicht mehr das Quantum R ausgepreßt werden, sondern ein Quantum, welches um so viel geringer ist, als die Differenz der während des Einsaugens und Auspressens im schädlichen Raume vorhandenen Luftmengen beträgt. Während des Einsaugens ist diese Luftmenge $= \frac{m}{100} R$, während des Auspressens dagegen*) $= \frac{m}{100} R + \frac{M}{B} \cdot \frac{m}{100} R$, die Differenz daher

*) Die während des Einsaugens und Auspressens im schädlichen Raume vorhandenen Luftmengen (auf atmosphärische Dichtigkeit reducirt) müssen sich

$= \frac{M}{B} \cdot \frac{m}{100} R$. Diese Luftmenge ist es folglich, um welche sich die ausgepreßte Luft wegen des schädlichen Raumes von m Procent vermindert. Für den Fall, daß der schädliche Raum z. B. 15 Proc. beträgt, der Manometerstand $= 2''$ und der Barometerstand $= 28''$ ist, ergiebt sich ein Windverlust bei jedem Kolbenspiele von:

$$\frac{2}{28} \cdot \frac{15}{100} R = \frac{3}{280} R$$

Ist $R = 100$ Cubf., so beträgt derselbe $1^1/_{14}$ Cubf. — Daß der schädliche Raum auch eine diesem Windverluste entsprechende Verminderung der Windpressung veranlaßt, ist einleuchtend *).

W.-Eff. der verschiedenen Gebläse.

Die Wind-Effekte der verschiedenen Gebläse weichen sehr von einander ab. Nicht allein, daß jeder Art der Gebläse, vermöge der ihr eigenthümlichen Construktion, ein gewisser oder doch wenigstens zwischen gewissen Grenzen liegender Wind-Effekt zukommt, sondern auch Gebläse derselben Art können, je nach ihrer mehr oder minder zweckmäßigen Ausführung, verschiedene Wind-Effekte besitzen. Diesen letzteren Umstand unberücksichtigt gelassen, läßt sich hierüber im Allgemeinen Folgendes annehmen. Die Cagniardelle hat, weil sie keinen schädlichen Raum besitzt und vollkommen luftdicht hergestellt werden kann, von allen Gebläsen den größten Wind-Effekt, nämlich $= 1$, d. h. alle von derselben aufgenommene Luft gelangt auch zum Ausströmen. Am nächsten hierin steht derselben das Cylinder-Gebläse, dessen Effekt sich etwa zu 0,9 annehmen läßt. Ein Kastengebläse erreicht wohl schwerlich einen so hohen Wind-Effekt, gewöhnlich wohl kaum einen höheren als 0,8. Alle übrigen im

---

wie die respektiven drückenden Kräfte verhalten, also — wenn B den Barometerstand und M den Manometerstand bezeichnet — wie $B : B + M$. Man hat also die Proportion

$$\frac{m}{100} R : x = B : B + M$$

woraus sich die während des Auspressens im schädlichen Raume vorhandene Luftmenge ergiebt zu

$$x = \frac{B + M}{B} \cdot \frac{m}{100} R = \left(1 + \frac{M}{B}\right) \frac{m}{100} R.$$

*) Die Verminderung der Menge und Pressung der Gebläseluft durch den schädlichen Raum hat natürlich eine geringere Consumption der Betriebskraft zur Folge, oder mit anderen Worten, bei gleicher Betriebskraft wird ein Gebläse mit schädlichem Raume einen etwas schnelleren Gang haben als ein Gebläse ohne schädlichen Raum. Dies bewirkt, daß der im ersteren Fall entstehende Windverlust noch etwas geringer ausfällt als der berechnete. Daß derselbe hierdurch nicht gänzlich compensirt werden kann, ist einleuchtend.

Vorhergehenden näher beschriebenen Gebläse besitzen, theils wegen unvermeidlicher Undichtheit, theils wegen eines beträchtlichen schädlichen Raumes, zum Theil noch geringere Wind-Effekte. In Bezug auf einen speciellen Fall läßt sich jedoch auf solche allgemeine Angaben nicht bauen, sondern hier ist es erforderlich, den Wind-Effekt auf die oben angegebene Weise durch Rechnung zu bestimmen.

Kraft-Effekt.

Der **Kraft-Effekt** eines Gebläses wird durch denjenigen Bruch ausgedrückt, welcher die ganze zum Betriebe eines Gebläses dienende Kraft zum Zähler, und den von dieser Kraft zur Compression und Austreibung der Luft benutzten Theil zum Nenner hat. Ließe sich ein Gebläse herstellen, dessen Bewegung ohne alle Reibungs- und sonstigen — nicht unmittelbar auf Compression und Austreibung der Luft bezüglichen — Widerstände vor sich ginge, so würde der Kraft-Effekt desselben = 1 seyn. Im Allgemeinen gilt von dem Kraft-Effekte der verschiedenen Gebläse etwa Folgendes.

Kr.-Eff. der Cagniardelle.

Die Cagniardelle besitzt von allen bis jetzt bekannten Gebläse-Vorrichtungen den größten Kraft-Effekt. Interessante Versuche hierüber sind von **Schwamkrug** (s. **Hülsse's** allgemeine Maschinen-Encyklopädie, Bd. 2, S. 841) mit einer von demselben auf der Muldener Schmelzhütte bei Freiberg erbauten Cagniardelle angestellt und dabei folgende Resultate erhalten worden.

	Erster	Zweiter	Dritter	Vierter
	Versuch.			
Pressung des Windes in der Windleitung, ausgedrückt in Zollen (à 1/42 Meter) einer Wassersäule	11½	19¼	23¼	24½
Windmenge von atmosphärischer Dichtigkeit pro Minute in Cubikfußen (à 8/343 Cubikmeter)	368	496,8	552,1	598,1
Anzahl der Umdrehungen der Cagniardelle während einer Minute	4 16/31	6 3/31	6 21/31	7 21/62
Am Gebläse unmittelbar angewendetes Kraftmoment in Fußpfunden (pro Minute)	22729	45403	60072	68248
Nutz-Effekt oder Moment des während einer Minute ausgeblasenen Windes (in Fußpfunden)	17055	38077	50641	57644
Kraft-Effekt oder Verhältniß des Nutz-Effektes zur angewendeten Kraft am Gebläse selbst	0,7504	0,8386	0,8429	0,8446

Daß der Kraft-Effekt der Cagniardelle mit der Umdrehungs-Geschwindigkeit derselben zunimmt, findet seine Erklärung in Folgendem. Da die Wasserstände $n, n, n \ldots$ in den verschiedenen Windungen der Cagniardelle (s. Fig. 101, a) niedriger sind als das Niveau des Wassers im Kasten k, so wird die ganze rotirende Vorrichtung mit einer Kraft gehoben, welche dem Drucke des verdrängten Wassers gleichkommt, d. h. um diese Kraft wird die Schwere dieser Vorrichtung, also ihr Druck auf die Zapfenlager vermindert. Indem aber eine größere Umdrehungs-Geschwindigkeit eine vermehrte Luftaufnahme und folglich auch eine stärkere Compression der aufgenommenen Luft zur Folge hat, werden jene Wasserstände $n, n, n \ldots$ noch niedriger, es wird mehr Wasser verdrängt und die Zapfenreibung dadurch noch geringer.

Kr.-Eff. einiger anderen Gebläse.

Bei einigen der anderen Gebläse lassen sich etwa folgende Kraft-Effekte annehmen. Bei Cylinder-Gebläsen 0,60 — 0,65; bei hölzernen Kasten-Gebläsen 0,50 — 0,55; bei Holzbälgen und Lederbälgen 0,40; beim Wasser-Trommelgebläse 0,10 — 0,15*). Der Reibungswiderstand der hölzernen Bälge sollte, der größeren Reibung wegen, kleiner seyn als der der ledernen, weil jedoch bei letzteren der schädliche Raum größer ist, als bei ersteren, so compensiren in den meisten Fällen beide Wirkungen einander annähernd.

Gewöhnl. Bezeichnung des Kraft-Eff.

Nicht selten versteht man unter Kraft-Effekt eines Gebläses einen Bruch, dessen Zähler gleich dem Produkte aus der pro Minute ausgeblasenen Luftmenge von atmosphärischer Dichtigkeit mit dem in Fußen angegebenen Stande eines Wasser-Manometers ist, und dessen Nenner durch das Produkt aus der pro Minute verbrauchten Menge des Aufschlagswassers mit der in Fußen ausgedrückten Gefällhöhe gebildet wird. Natürlich kann man dies unmittelbar nur bei Gebläsen in Anwendung bringen, welche durch ein Wasserrad oder eine ähnliche Vorrichtung in Bewegung gesetzt werden; zugleich ist aber zu berücksichtigen, daß auf diese Weise der Kraft-Effekt des eigentlichen Gebläses mit dem des Motors implicirt wird, und daß man folglich zu keiner Kenntniß des ersteren gelangt, wenn der Kraft-Effekt des Motors nicht bekannt ist. Ist Letzteres der Fall, so braucht man jenen Bruch — welcher durch das Produkt aus dem Kraft-Effekte des Gebläses mit dem des Motors gebildet wird — natürlich nur durch

---

*) Der Kraft-Effekt des Wasser-Trommelgebläses scheint im Vergleich zu dem anderer Gebläse geringer zu seyn, als er wirklich ist. Es muß nämlich berücksichtigt werden, daß dieses Gebläse keine Betriebs-Maschine erfordert, sondern seinen Motor bereits in sich begreift. Ein durch ein Wasserrad getriebenes Balgen-Gebläse dürfte kaum einen höheren Kraft-Effekt als 0,25 haben, wenn der Kraft-Effekt des Wasserrades mit einbegriffen ist.

den Kraft-Effekt des Motors zu dividiren, um den des Gebläses zu erhalten.

Ueber den Kraft-Effekt der Gebläse und deren mathematisch und erfahrungsmäßig begründete Theorie überhaupt haben wir im 3ten Bande von Weisbach's vortrefflicher Ingenieur- und Maschinen-Mechanik ausführlichere Mittheilungen zu erwarten, als solche hier gegeben werden konnten und in einem Lehrbuche der Metallurgie am rechten Orte gewesen wären.

L. Von der Auswahl des Gebläses.

Richtet sich nach verschiedenen Umständen.

Bei der Anlage von Hüttenwerken und der Anschaffung neuer Gebläse entsteht die Frage, welche Art der Gebläse für den betreffenden Zweck die geeignetste sey? Die Beantwortung dieser Frage richtet sich

1) nach dem metallurgischen Processe, zu welchem das Gebläse angewendet werden soll,
2) nach der Größe und Art der zum Betriebe des Gebläses zu Gebote stehenden Kraft,
3) nach den zur Herstellung des Gebläses disponiblen Geldmitteln,
4) nach den hierzu vorhandenen Materialien und mechanischen Hülfsmitteln,
5) nach mancherlei anderen lokalen Verhältnissen.

Hieraus ergiebt sich, daß kein Gebläse als das unter allen Umständen vortheilhafteste gelten könne, und daß man für verschiedene Fälle verschiedenen Gebläsen den Vorzug zu geben habe.

1) nach dem metallurgischen Proceß.

Alle metallurgischen Processe, welche mit einem stark gepreßten Winde — von $2^1/_2''$ Quecksilber und darüber — betrieben werden müssen, machen die Anwendung eines Cylinder-Gebläses nothwendig. Bei Windpressungen von $1'' — 2^1/_2''$ kann man sich einer Cagniardelle oder eines hölzernen Kastengebläses bedienen. Mit Holzbälgen lassen sich Pressungen von $1'' — 1^1/_2''$ nur schwierig und mit Lederbälgen kaum höhere Pressungen als von $^1/_2'' — ^2/_3''$ erreichen. Ventilatoren können sehr bedeutende Windmengen liefern, aber von einer Pressung, deren Maximum $1''$ schwerlich übersteigen dürfte.

2) nach Art u. Größe der Betriebskraft.

Bei einer im Verhältniß zur erforderlichen Windmenge sehr beschränkten Betriebskraft ist es natürlich am rathsamsten, ein Gebläse mit möglichst großem Wind- und Kraft-Effekt zu wählen. In dieser Beziehung nimmt die Cagniardelle den ersten Platz ein. Demnächst sind Kolbengebläse, besonders Cylindergebläse, für niedrige Windpressungen aber Ventilatoren (wenn dieselben durch Tourbinen getrieben werden können) die empfehlenswerthesten. Nicht beschränkte, aber, ihrer Art nach, vorgeschriebene Be-

triebskraft influirt mitunter ebenfalls auf die Wahl des Gebläses. Hat man hinreichende Wasserkraft, so wird man zu Gebläse-Motoren Wasserräder oder Tourbinen wählen; und mit diesen lassen sich alle Arten der Gebläse treiben. Ist keine Wasserkraft, dagegen aber Brennmaterial in hinreichender Menge vorhanden, so stellen sich Dampf-Maschinen als zweckmäßigste Motoren heraus, mit denen man natürlich ein Cylinder-Gebläse verbinden wird. Ist man endlich einzig und allein auf Thier- oder Menschenkraft beschränkt, so dürften Lederbälge als fast einzige Zuflucht übrig bleiben.

3) nach den Geldmitteln.

Obwohl es stets als eine sehr schlechte Oekonomie gelten muß, eine für den metallurgischen Betrieb so wesentliche Vorrichtung, wie ein Gebläse, in ihrer Vollkommenheit zu beschränken, um eine verhältnißmäßig geringe Geldsumme zu ersparen, kann es doch Fälle geben, wo sich dies nicht umgehen läßt. Zu den billigsten Gebläsen gehören die Lederbälge und Holzbälge, das Wasser-Trommelgebläse, Tonnengebläse, Baader'sche Kastengebläse und die Ventilatoren. Auch die einfach-wirkenden hölzernen Kastengebläse lassen sich billig herstellen, wenn man ihre Kolben durch Kurbelstangen unmittelbar mit den Krummzapfen verbindet. Ein Kastengebläse mit Balancier kommt bedeutend höher zu stehen.

4) nach den Material. u. mechanischen Hülfsmitteln.

Bei der Anlage eines Hüttenwerkes in einer entlegenen unkultivirten Gegend ist man oft genöthigt, sich bei der Herstellung eines Gebläses, wenigstens interimistisch, auf diejenigen Materialien und mechanischen Hülfsmittel zu beschränken, welche sich unter solchen Verhältnissen darbieten. Wasser-Trommelgebläse, Baader'sche Kastengebläse und Lederbälge dürften hier in manchen Fällen die einzigen Gebläse-Vorrichtungen seyn, zwischen welchen man zu wählen hat. Diese Wahl wird aber zuweilen dadurch noch mehr beschränkt, daß das erstgenannte Gebläse eine Höhe des Gefälles und eine Wassermenge erfordert, welche nur an wenigen Orten zu Gebote steht.

5) nach anderen lokalen Verhältnissen.

Die mancherlei anderen lokalen Verhältnisse aufzuzählen, welche bei der Wahl des Gebläses eine Rolle spielen, dürfte hier zu weit führen. Nur möge es noch erwähnt werden, daß unvermeidliche lange Windleitungen, welche überdies vielleicht noch mit einem Lufterhitzungs-Apparate in Verbindung stehen, stets ein kräftig wirkendes Gebläse — ein Cylinder-Gebläse oder eine Cagniardelle — erfordern. Nur durch ein solches Gebläse ist man im Stande, eine Windmenge zu erzeugen, welche für eine größere Anzahl von Oefen hinreicht und dabei eine stärkere Pressung besitzt. Liegen diese Oefen zum Theil weit von einander entfernt, und hat die Gebläseluft bedeutende Widerstände zu überwinden, bis sie zu den verschiedenen Düsen gelangt, so ist, wenn der Wind zugleich von keiner schwachen Pressung seyn darf, ein Cylinder-Gebläse zwar nicht unumgänglich nothwendig, aber jedenfalls das vortheilhafteste; denn es würde kaum billiger zu stehen kommen, und

außerdem noch mancherlei Uebelstände mit sich führen, wenn man für solche Fälle jeden einzelnen Ofen mit einem Gebläse versehen wollte.

IV. Von den Vorwärmungs-Vorrichtungen für das Brennmaterial und die Verbrennungsluft.

A. Vorrichtungen zur Erhitzung des Brennmaterials.

Daß die Temperatur, welche ein Brennmaterial bereits **vor** seiner Verbrennung erlangt hat, zur Erhöhung seines pyrometrischen Wärme-Effektes beiträgt, kann unmittelbar eingesehen werden. Um wieviel sich dieser Effekt erhöht, wenn eine Vorwärmung des Brennmaterials bis auf τ^0 C. stattgefunden hat, läßt sich aus der früher (S. 149) für den pyrometrischen Wärme-Effekt aufgestellten allgemeinen Formel (8, b) ableiten. Bei einem Brennmateriale, welches aus a Gwthln. brennbarer Substanz und b Gwthln. Asche besteht, ergiebt sich nach dieser Formel

$$P = \frac{3000 \,.\, a \frac{n}{\alpha}}{a\left(1 + \frac{n}{\alpha}\right) s + b \,.\, 0{,}2 + 0{,}917 \,.\, a \frac{n}{\alpha}}$$

wenn die specifische Wärme der Asche zu 0,2 angenommen wird. Der Zähler dieses Bruches drückt den absoluten Wärme-Effekt von a aus, d. h. er stellt die durch Verbrennung von a entwickelten Wärme-Einheiten dar; sein Nenner wird dagegen durch die mit den betreffenden Wärme-Capacitäten multiplicirten Gewichtsmengen der Verbrennungs-Produkte gebildet, auf welche sich, im Verhältnisse der Wärme-Capacitäten, jene Wärme-Einheiten vertheilen. Ist der Körper $a + b$, dessen specifische Wärme mit s'' bezeichnet werden möge, bereits vor seiner Verbrennung bis auf τ^0 C. erwärmt, so wird diese ihm innewohnende Wärme $= \tau\ (a + b) s''$ Wärme-Einheiten dem entwickelten Hitzgrade P auf folgende Weise zu Gute kommen:

Pyrometr. W.-E. eines erhitzten Körpers.

$$P = \frac{3000 \,.\, a \frac{n}{\alpha} + \tau\ (a + b) s''}{a\left(1 + \frac{n}{\alpha}\right) s + b \,.\, 0{,}2 + 0{,}917 \,.\, a \frac{n}{\alpha}} \qquad (19)$$

Sind der Aschengehalt und die specifische Wärme eines Brennmaterials bekannt, so läßt sich durch diese Formel leicht die Erhöhung seines pyrometrischen Wärme-Effektes berechnen, welche bei einer Vorwärmung

bis zu τ^0 C. eintritt. Nach Regnault ist die specif. W. der trocknen Holzkohle = 0,2415, und die der Steinkohle und des Kohks sehr nahe = 0,201. Nehmen wir für diese drei Brennmaterialien gleiche Aschengehalte an, und zwar = 3 Proc., so ergiebt sich

für Holzkohle $P = 2453 + 0{,}0763 \,.\, \tau$

für Kohk $P = 2453 + 0{,}0736 \,.\, \tau$

Für Steinkohlen läßt sich, wegen der verschiedenen Zusammensetzung ihrer brennbaren Masse, P nicht so allgemein ausdrücken, sondern muß für jeden speciellen Fall berechnet werden. Bei einer Vorwärmung der Holzkohlen und Kohks bis z. B. auf 300° C. würde der pyrometrische Wärme-Effekt der ersteren von 2453° C. auf 2476° C. und der der letzteren von 2453° C. auf 2472° C. erhöht werden. Bei geringeren Vorwärmungen, z. B. bis auf 20° C., beträgt die Steigerung des pyrometrischen Effektes kaum mehr als 1° C. Groß ist also der Nutzen der Brennmaterial-Vorwärmung — wenn man die zugleich dabei erfolgende Austrocknung der feuchten Brennmaterialien nicht mit in Anschlag bringt — im Allgemeinen nicht zu nennen; da man die Vorwärmung jedoch mit der ungleich wichtigeren Austrocknung (wovon später) in vielen Fällen leicht verbinden kann, so ist auch erstere, wenn dadurch keine besonderen Kosten verursacht werden, nicht ganz außer Acht zu lassen. Jedenfalls fallen die Vorwärmungs-Vorrichtungen mit den Austrocknungs- oder Darr-Vorrichtungen zusammen. — Die Construktion der Schachtöfen führt es mit sich, daß in ihnen das Brennmaterial bis zu sehr hohen Hitzgraden erwärmt wird, ehe es zur vollständigen Verbrennung gelangt. Bei diesen Oefen bewirkt denn auch, wie wir gleich sehen werden, diese ohne besondere Vorrichtungen bewerkstelligte Vorwärmung eine sehr bedeutende Steigerung der Temperatur im Schachtraume.

B. Lufterhitzungs-Apparate.

Historisches. Bereits im Jahre 1799 wurde in einer zu London herauskommenden naturwissenschaftlichen Zeitschrift (Nicholson's Journal of physic. sciences, Vol. 2) angekündigt, der Admiralitäts-Physikus Seddler habe gefunden, daß durch Anwendung erhitzten Sauerstoffgases bei Löthrohrversuchen ein bedeutend höherer Hitzgrad erreicht werde, als durch Anwendung eines Sauerstoffgases von gewöhnlicher Temperatur. Diese interessante Beobachtung bewirkte jedoch keine weitere Verfolgung des hierdurch auf die Bahn gebrachten Gegenstandes. Im Jahre 1822 machte Leuchs in seinem Handbuche für Fabrikanten (Bd. 8. S. 388) den Vorschlag, die zu den Schmelzöfen verwendete Gebläseluft zu erwärmen und zugleich mit derselben eine Quantität Wasserdampf in den Ofen strömen zu lassen, wodurch die Hitze gesteigert und an Brennmaterial gespart werden sollte;

allein auch dieser Vorschlag vermochte nicht die Aufmerksamkeit der Metallurgen und Chemiker auf einen so wichtigen Gegenstand zu leiten. Dies gelang erst Nielsen, Direktor der Gasbeleuchtungs-Anstalt zu Glasgow, welcher sich im Jahre 1830 durch mehrfache Versuche von den sehr erheblichen Vortheilen überzeugte, welche die erhitzte Gebläseluft im Vergleich zur nicht erhitzten bei Schmelzprocessen gewährt. Im Verein mit Macintosh und Wilson setzte derselbe darauf diese Versuche im größeren Maaßstabe fort. Zuerst wendete man (beim Hohofen der Clyde-Eisenhütte, Glasgow) Luft von 93° C., dann von 138° C. und zuletzt von 322° C. an. Die erlangten Resultate waren so glänzend, daß die Kunde davon sich schnell durch England, Frankreich und Deutschland verbreitete; auf vielen Hüttenwerken dieser Länder wurden Lufterhitzungs-Apparate angelegt, und mit wenigen Ausnahmen fand man ihren Einfluß auf die Schmelz- (besonders Eisenhohofen-) Processe genügend bestätigt.

Effekt d. erhitzten Gebläsel.

Wenn auch der Effekt der erhitzten Gebläseluft in Bezug auf Brennmaterial-Ersparniß und andere Vortheile von manchen Seiten her etwas übertrieben dargestellt seyn dürfte, so ist er doch jedenfalls weit bedeutender, als man ohne gründliche Untersuchung einzusehen vermag. Daß eine Gebläseluft, welche nur 200° — 300° C. wärmer ist als gewöhnliche atmosphärische Luft, die absolute Produktion eines Eisenhohofens (das während einer bestimmten Zeit ausgeschmolzene Roheisen-Quantum) um 30 — 50 Proc. vermehrt und außerdem noch eine Brennmaterial-Ersparniß von 20 — 30 Proc. bewirkt, erscheint als ein mit seiner Ursache durchaus in keinem richtigen Verhältnisse stehender Effekt. Dies hat denn auch zu mancherlei Hypothesen über die Wirkung eines erhitzten Luftstromes auf die Verbrennung Veranlassung gegeben. In dem Folgenden wird jedoch gezeigt werden, daß sich der Effekt der erhitzten Gebläseluft bei genauer Erwägung aller damit im Zusammenhange stehenden Umstände auf ganz einfache und ungezwungene Weise erklären läßt.

Theorie des Schmelz-Effektes d. erhitzten Gebläseluft.

Der pyrometrische Effekt eines aus a Gwthln. brennbarer Substanz und b Gwthln. Asche bestehenden Brennmaterials, welches bis zu r^0 C. vorgewärmt wurde, ist so eben entwickelt worden, und zwar unter der stillschweigenden Voraussetzung, daß die Temperatur der Verbrennungsluft = 0° sey. Ist Letzteres nicht der Fall, sondern hat die Verbrennungsluft eine Temperatur = t^0 C., so ist klar, daß diese derselben innewohnende Wärme auf ganz analoge Weise zu einer Erhöhung des pyrometrischen Effektes beitragen müsse, wie dies bei einer Vorwärmung des Brennmaterials geschieht. Unter Berücksichtigung, daß die atmosphärische Luft aus 1 Gwthl. Sauerstoff und 3,33 Gwthln. Stickstoff zusammengesetzt, so wie, daß die spec. W. des Sauerstoffs = 0,236 und die des Stickstoffs = 0,275 ist, erhalten wir also

$$P = \frac{3000 \cdot a\frac{n}{\alpha} + \tau(a+b)s'' + t(a\frac{n}{\alpha}\cdot 0{,}236 + 3{,}33\,a\frac{n}{\alpha}\cdot 0{,}275)}{a(1+\frac{n}{\alpha})\,s + b \cdot s' + 0917 \cdot a\frac{n}{\alpha}}$$

Bezieht man diese Formel auf eine aus a Gwthln. Kohlenstoff und b Gwthln. Asche bestehende Holzkohle, so wird für diesen Fall $n = 2$, $\alpha = 0{,}75$, $s = 0{,}221$, $s' = 0{,}2$ und $s'' = 0{,}2415$, und es ergiebt sich

$$P = \frac{8000 \cdot a + 0{,}2415 \cdot \tau\,(a+b) + 3{,}075 \cdot t \cdot a}{3{,}255 \cdot a + 0{,}2 \cdot b} \qquad (20)$$

Für Kohk wird $s'' = 0{,}201$, wodurch sich also der Ausdruck nur sehr wenig verändert.

Durch die eben gefundene Formel sind wir zwar im Stande, die Temperatur P zu bestimmen, welche durch Verbrennung einer τ^0 warmen Holzkohle in t^0 warmer atmosphärischer Luft hervorgebracht wird, allein dieselbe ist nicht unmittelbar zur Bestimmung der Temperatur in einem Hohofen geeignet. Alle Kohlen nämlich, welche in einem Hohofen von der Gicht bis zu dem in der Nähe der Form befindlichen heißesten Orte niedergegangen sind, haben natürlich auf diesem Wege — sowohl durch ihre theilweise Verbrennung, wie auch durch Berührung mit dem aufsteigenden heißen Gasstrome — bereits einen bedeutenden Hitzgrad erlangt, noch ehe ihre Verbrennung am heißesten Orte fortgesetzt und beendigt wird. Kennten wir diesen Hitzgrad, so würde sich die Temperatur im Schachtraume mittelst der Formel (20) leicht berechnen lassen; da dies aber nicht der Fall ist, so müssen wir unsere Aufgabe auf eine andere Art zu lösen suchen. Wir wollen annehmen, dieser Hitzgrad sey $= \tau$; alsdann wird durch Verbrennung so stark erhitzter Holzkohlen nach Formel (20) die Temperatur P erzeugt werden. Der auf solche Weise gebildete P^0 heiße Gasstrom wird aber einen Theil der noch unverbrannten Kohlen bis annähernd P^0 erhitzen, und die Verbrennung dieser etwa P^0 heißen Kohlen wird zur Entstehung einer noch höheren Temperatur als P — die wir mit P_1 bezeichnen wollen — Veranlassung geben. Hierdurch werden wieder Kohlen bis $P_1{}^0$ erhitzt, deren Verbrennung eine noch höhere Temperatur P_2 zur Folge hat, und so fort. Indem also die verbrennenden Kohlen stets schon vor ihrer Verbrennung annähernd die durch die kurz zuvor verbrannten Kohlen erzeugte Temperatur angenommen haben, so folgt hieraus, daß entweder eine Temperatur-Steigerung ins Unendliche stattfinden, oder daß die Möglichkeit dazu vorhanden seyn müsse: daß die Kohlen zuletzt einen Hitzgrad P_n erreichen, welcher durch ihre Verbrennung nicht mehr gesteigert werden kann. Diese Möglichkeit ist nun in der That durch die Formel (20) sehr deutlich ausgesprochen, indem nichts im Wege steht, daß

darin $\tau = P$ werden könne. Noch deutlicher sieht man dies ein, wenn man jene Formel umsetzt zu

$$P = \frac{8000 . a + 3{,}075 . t . a}{3{,}255 . a + 0{,}2 . b} + \tau \frac{0{,}2415 (a + b)}{3{,}255 . a + 0{,}2 . b}$$

oder sie allgemein ausdrückt durch

$$P = C + F_{(\tau)}$$

d. h. der Temperaturgrad P ist gleich der Summe einer constanten Zahl C und einer von τ abhängigen Funktion $F_{(\tau)}$. Jeder Wachsthum von τ selbst hat, wie man sich leicht überzeugt, einen geringeren absoluten Wachsthum der Funktion τ zur Folge, und folglich muß es eine Grenze geben, C sey so groß es wolle, wo $C + F_{(\tau)} = \tau$ wird, oder $P = \tau$, d. h. wo die Temperatur der durch Verbrennung von Holzkohle — oder irgend eines anderen Körpers — entwickelten Gase genau eben so groß wird, als die Temperatur dieser Kohle oder dieses Körpers bereits **vor** der Verbrennung war. Setzt man also in der Formel (20) $\tau = P$ und entwickelt nach P, so erhält man

$$P = \frac{8000 . a + 3{,}075 . t . a}{3{,}255 . a + 0{,}2 . b + 0{,}2415 (a + b)} \qquad (21)$$

nämlich das Temperatur-Maximum, welches durch Verbrennung von Holzkohle mittelst t^0 C. warmer atmosphärischer Luft unter den günstigsten Umständen in einem Hohofen zu erreichen möglich ist. Nehmen wir den Aschengehalt der Holzkohlen zu 3 Proc. an, so wird $a = 0{,}97$ und $b = 0{,}03$, und es ergiebt sich für die Verbrennung solcher Kohle in einem Hohofen mittelst Gebläseluft von 0°

$$P = 2656^0 \text{ C.}$$

Wird dagegen Gebläseluft von z. B. 300° C. angewendet, also $t = 300$ gesetzt, so erhält man

$$P = 2962^0 \text{ C.}$$

Das Temperatur-Maximum ist in diesem Falle also um 306° C. erhöht worden*).

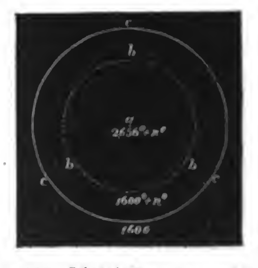
*) Aus den hier gegebenen Erläuterungen über das Temperatur-Maximum, sowie aus der Formel (20) läßt sich zugleich der überraschende Schluß ziehen: daß ein bis über eine gewisse Grenze hinaus erhitzter Körper durch Verbrennung seine Temperatur verringern muß. Für Holzkohle mit 3 Proc. Asche, welche in atmosphärischer Luft von 0° verbrennt, ist diese Grenze natürlich das diesem Falle entsprechende Temperatur-Maximum, nämlich 2656° C. Wird z. B. Holzkohle, welche vor der Verbrennung bis zu 3000° C. erhitzt war, in atmosphärischer Luft von 0° verbrannt, so ist die dabei entwickelte Temperatur nach Formel (20) = 2682° C.; also sind die gasförmigen Verbrennungs-Produkte hier 318° C. weniger heiß, als es die Kohle vor der Verbrennung war.

Durch diese vorläufigen Berechnungen sind wir in den Stand gesetzt, den Schmelz-Effekt einer zum Hohofenbetriebe angewendeten, bis zu t^0 erhitzten Gebläseluft, im Vergleich zu dem einer Gebläseluft von gewöhnlicher Temperatur, durch Rechnung zu bestimmen. Der heißeste Ort in einem Hohofen, welcher wahrscheinlich nur einen so geringen Raum einnimmt, daß wir ihn bei den folgenden Betrachtungen als Punkt annehmen können, kann bei Anwendung einer Gebläseluft von 0°, wie so eben nachgewiesen wurde, einen Hitzgrad von 2656° C. erreichen. Von diesem heißesten Punkte aus wird die Temperatur im Schachtraume nach allen Richtungen hin abnehmen; doch wird das Eisen noch an jeder Stelle schmelzen, wo eine 1600° C. übersteigende Temperatur herrscht*). Der eigentliche **Schmelzraum** eines Hohofens wird also ringsum durch eine Grenzzone von etwa 1600° C. umschlossen seyn; und innerhalb dieser Grenzzone wird die Temperatur in allen centrischen Richtungen bis höchstens zu 2656° C. wachsen. Es kommt nun darauf an zu ermitteln, welche Veränderung dieser Verhältnisse eintreten wird, wenn man die Gebläseluft, **ohne ihr auf 0° bezogenes Quantum zu verändern**, vor ihrem Eintritt in den Ofen bis auf t^0 erwärmt. Solchenfalls wird 1) der heißeste Punkt — nach Formel (21), für Holzkohlen mit 3 Proc. Asche — eine Temperatur von $P^1 = 2656^0 + 1{,}021 \, . \, t^0$ erreichen; 2) der **Schmelzraum sich erweitern****), und zwar — unter der

*) Die Schmelzpunkte der verschiedenen Roheisensorten liegen etwa zwischen 1500° und 1700° C.

**) Die Nothwendigkeit hiervon wird durch folgende bildliche Darstellung noch anschaulicher gemacht werden. In der Figur links — den Durchschnitt





desjenigen Schmelzraumes darstellend, welcher sich bei Anwendung 0° warmen Windes bildet — bezeichne *a* den heißesten Punkt (2656° C.) und *bbb* die Grenz-Zone (Peripherie) des Schmelzraumes, in welcher eine Temperatur von 1600° C. herrscht. Von *a* nach *bbb* findet also in allen Richtungen eine allmälige Temperatur-Abnahme von 2656° bis auf 1600° statt. Die Veränderungen, welcher dieser so beschaffene Schmelzraum durch Anwen-

Voraussetzung, daß die Temperatur rings um den heißesten Punkt in einer einfachen arithmetischen Reihe abnimmt — in dem Verhältnisse von
$$(2656 - 1600)^3 : (P^1 - 1600)^3 = 1056^3 : (1056 + 1,021 \,.\, t)^3$$
$$= 1 : (1 + 0,000967\, t)^3;$$
3) die mittlere Temperatur des Schmelzraumes zunehmen, und zwar, unter derselben Voraussetzung, in dem Verhältnisse von
$$(2656 + 1600) : (P^1 + 1600) = 1 : (1 + 0,000240 \,.\, t).$$
Der Schmelz-Effekt, welcher durch die in gleichen Zeiten und mit gleichen Brennmaterialmengen ausgeschmolzenen Roheisen-Quantitäten gemessen wird, muß sich aber bei Anwendung 0° warmer, und bei Anwendung t^0 warmer Gebläseluft verhalten 1) wie die cubischen Inhalte der betreffenden Schmelzräume, und 2) wie die mittleren Temperaturen derselben. Letzteres muß, wenigstens annähernd, aus dem Grunde der Fall seyn, weil die Schmelzung des Roheisens bei einer höheren Temperatur schneller vor sich gehen wird, als bei einer niederen. Setzen wir den bei Anwendung von 0° warmer Gebläseluft stattfindenden Schmelz-Effekt = 1, und bezeichnen wir den durch t^0 warme Gebläseluft bewirkten Schmelz-Effekt mit E, so findet die Proportion statt:

Formel für d. Schmelz-E. der erhitzten Gebläseluft.

---

dung einer t^0 C. heißen Gebläseluft erleidet, sind in der Figur rechts dargestellt. An allen Punkten des alten Schmelzraumes, innerhalb bbb, und über seine Grenzen hinaus wächst die Temperatur um ein Gewisses (nämlich um annähernd $1,021 \,.\, t^0$), welches wir mit n bezeichnen wollen. Es wird sich folglich jetzt eine neue, weiter von a entfernte Grenz-Zone ccc bilden müssen, in welcher die Temperatur, wie früher in bbb, 1600° C. beträgt. Die Größe des alten Schmelzraumes verhält sich zu der des neuen wie $(ab)^3 : (ac)^3$. — Natürlich ist es durchaus nicht nöthig, sich den Schmelzraum gerade von sphärischer Gestalt zu denken, sondern derselbe kann, ohne daß sich an unserer Schlußfolge etwas ändert, jede beliebige Form haben. Dagegen wird es für die Richtigkeit dieser Schlußfolge streng erfordert: 1) daß die Beschickung des Hohofens bei 0° warmer Gebläseluft in jeder Hinsicht (Erz, Zuschlag und Brennmaterial betreffend) dieselbe bleibt, wie bei t^0 heißem Winde, und daß 2) die während einer gewissen Zeit in den Ofen geblasenen Windquantitäten, auf 0° Temperatur bezogen, in beiden Fällen einander vollkommen gleich sind. In der Praxis bietet sich, ohne einen besonders angestellten Versuch, nicht leicht die Gelegenheit dar, die Wirkung der erhitzten Gebläseluft im Vergleich zu der der kalten unter Stattfindung dieser beiden Umstände zu beobachten. Es kann daher leicht geschehen, daß der Praktiker bei Anwendung heißer Gebläseluft Erscheinungen wahrnimmt, welche auf keine Erweiterung des Schmelzraumes durch dieselbe hinzudeuten scheinen, und die man durch die Annahme einer schnelleren Verbrennung des heißen Windes zu erklären versucht hat. Bis jetzt entbehrt diese Annahme jedoch der wissenschaftlichen Begründung.

$$1 : E = 1 : (1 + 0{,}000240 \,.\, t)\,(1 + 0{,}000967 \,.\, t)^3$$

und es ergiebt sich daraus

$$E = (1 + 0{,}000240 \,.\, t)\,(1 + 0{,}000967 \,.\, t)^3 \qquad (22)$$

Vergleichung d. theoret. E. mit dem erfahrungsm.

In Betreff der Anwendung dieser allgemeinen Formel sind folgende Bemerkungen zu berücksichtigen.

Man benutzt die effektvermehrende Wirkung der erhitzten Gebläseluft niemals auf die Weise, daß man dasselbe Brennmaterial-Quantum beibehält, welches bei Anwendung kalten Windes erfordert wurde, und dadurch die absolute Produktion direkt bis zu einem solchen Grade erhöht, wie die Formel (22) angiebt; sondern man zieht es vor, jenes Brennmaterial-Quantum mehr oder weniger zu vermindern, zuweilen selbst in dem Maaße, daß dadurch die Produktion beinahe wieder zu 1, d. h. zu der bei kaltem Winde erhaltenen Produktion zurückgeführt wird. Bei den meisten Hohöfen hat man es jedoch so eingerichtet, daß man sowohl die Produktion erhöht, als auch an Brennmaterial erspart. Will man also unter solchen Umständen den wahren Effekt der erhitzten Gebläseluft ermitteln, so muß man natürlich nicht bloß auf die vermehrte Produktion, sondern auch auf die Brennmaterial-Ersparniß Rücksicht nehmen. Dies geschieht auf folgende Weise. Angenommen, ein Hohofen habe durch Anwendung heißer Luft eine $1\frac{1}{2}$ mal so große absolute Produktion als früher erlangt, und die zugleich eingetretene Ersparniß an Brennmaterial betrüge $\frac{1}{4}$, d. h. 25 Proc. von dem bei kalter Luft verbrauchten Brennmaterial-Quantum; wie groß würde der wahre Schmelz-Effekt des heißen Windes in diesem Falle seyn? Hätte man bei kaltem Winde nur $\frac{3}{4}$ des eigentlich erforderlichen Brennmaterials angewendet, so würde die absolute Produktion natürlich auch nur ungefähr $\frac{3}{4}$ von der früher erhaltenen gewesen seyn. Da man aber durch Anwendung erhitzter Gebläseluft unter diesen Umständen eine Produktion erreicht, welche $1\frac{1}{2}$ mal so groß als die frühere ist, so ergiebt sich, daß der Effekt des heißen Windes in diesem Falle eigentlich $\frac{1\frac{1}{2}}{\frac{3}{4}} = 2$ beträgt. Bezeichnet man daher mit b die Ersparung an Brennmaterial (das bei kalter Luft verbrauchte Quantum = 1 gesetzt), und mit c den Coefficienten, welcher den zugleich erfolgten Produktions-Anwachs ausdrückt, so hat man

$$E = \frac{c}{1 - b} \qquad (23)$$

Erst mit Hülfe dieses Ausdruckes ist man im Stande zu untersuchen, ob die nach Formel (22) berechneten Schmelz-Effekte mit den erfahrungsmäßigen übereinstimmen.

Walter de St. Ange und le Blanc geben in ihrem bekannten

Werke über den Eisenhüttenbetrieb an, daß man bei allen Englischen und Schottischen Hohöfen, wo man bis zu etwa 322° C. (dem Schmelzpunkte des Bleies) erwärmte Gebläseluft angewendet hat, folgende Durchschnitts-Resultate erhielt: 1) Vermehrung der absoluten Produktion um 50 Proc., und 2) Ersparung an Brennmaterial von 1/3 bis 2/5, im Durchschnitt also von 0,366 des früher verbrauchten Quantums. Der erfahrungsmäßige Effekt ist also hier nach Formel (23) = 2,36 gewesen, und der nach Formel (22) berechnete = 2,42.

Auf dem Eisenwerke Saigerhütte in Rheinpreußen hat man, durch Anwendung einer bis auf 210° C. erwärmten Luft, 16 Proc. Kohlen gespart und die Produktion um 57 Proc. erhöht. Der erfahrungsmäßige Effekt war also = 1,87; der berechnete ist = 1,83.

Auf dem Hüttenwerke Brefven in Schweden hat man eine erwärmte Gebläseluft von durchschnittlich 145° C. angewendet. Man sparte hierdurch etwa 19 Proc. Kohlen und steigerte die Produktion um 13,87 Proc. Wirklicher Effekt = 1,41; berechneter Effekt = 1,53.

Auf dem Hüttenwerke Åker in Schweden hatte der angewendete warme Wind eine Temperatur von 100° C., und man erreichte hierdurch eine Kohlenersparniß von ungefähr 20 Proc., ohne jedoch eine Vermehrung der Produktion zu erhalten. Der wirkliche Effekt = 1,25; der berechnete = 1,36.

Auf dem Hüttenwerke Morgenröthe in Sachsen hatte die erhitzte Gebläseluft eine Temperatur von 250° C. Man ersparte 23,28 Proc. Kohlen und vermehrte die Produktion um 29 Proc. Wirklicher Effekt = 1,69; berechneter Effekt = 2,02.

Correktion d. Formel f. d. theoret. E.

Daß der berechnete Effekt, wie aus den angeführten Beispielen zu ersehen, fast stets größer ausfällt als der erfahrungsmäßige, kann seinen Grund in verschiedenen Umständen haben, unter denen jedenfalls der folgende eine Rolle spielt. In dem Momente, in welchem die comprimirte und erhitzte Gebläseluft aus der Düse strömt, dehnt sie sich aus und bindet dadurch einen Theil der zuvor in ihr freien Wärme; sie gelangt also stets mit einem geringeren Hitzgrade in den Ofen als der, welcher durch das in die Windleitung eingesenkte Thermometer angegeben wird. Wieviel diese Temperatur-Verminderung für einen gegebenen Compressionsgrad der Luft beträgt, läßt sich nach den bis jetzt hierüber vorhandenen Daten nicht mit völliger Genauigkeit bestimmen; inzwischen kann man doch daraus ersehen, daß die Vernachlässigung dieser Correktion bei hohen Windpressungen nicht ganz unbedeutend ist. Bezeichnet man nämlich mit

B den Barometerstand,

M den Manometerstand,

t die Temperatur der erhitzten Gebläseluft (durch ein in die Windleitung, nahe der Düse, eingeführtes Thermometer gemessen),

n den Coefficienten für die Luftausdehnung, $= 0{,}003665$,

x die Temperatur-Erhöhung, welche eine Folge der Compression der Gebläseluft ist,

y diejenige Temperatur, bis zu welcher die $(t - x)$ Grad heiße Gebläseluft abgekühlt werden muß, um ein eben so großes Volum zu erhalten, als dieselbe vermittelst der Compression durch das Gebläse besitzt, den Einfluß der Temperatur-Erhöhung x hierbei in Abrechnung gebracht,

ψ einen Coefficienten, welcher anzeigt, der wievielte Theil x von der Temperatur-Differenz $(t - x) - y$ ist,

so ergeben sich die Gleichungen:

$$\frac{B\,(1 + n\,t)}{(B + M)\,[1 + n\,(t - x)]} = \frac{1 + n\,y}{1 + n\,(t - x)}$$

$$\psi\,[(t - x) - y] = x$$

durch deren Entwicklung nach x, bei späterer Einführung des Werthes von n man findet:

$$x = (272{,}85 + t)\,\frac{\psi}{\psi + 1} \cdot \frac{M}{B + M}.$$

Den Werth von ψ kennt man nicht genau. Nach Versuchen von Dulong ergiebt er sich zu 0,421. Für eine 322° C. heiße Gebläseluft, bei 28″ Barometer- und 3″ (Quecksilber) Manometerstand, würde hiernach $x =$ nahe 17° C. in Anschlag zu bringen seyn. Die in den Ofen einströmende Gebläseluft hat also in diesem Falle eigentlich nur eine Temperatur von 322° — 17° = 305° C., wodurch ihr Schmelz-Effekt nach Formel (22) = 2,33 wird, während sich derselbe früher (in dem, nach Walter de St. Ange und le Blanc, von Englischen und Schottischen Hohöfen angeführten Beispiele) durch Rechnung = 2,42, erfahrungsmäßig aber = 2,36 ergab.

Corrigirte Formel für den Schmelz-E. d. erhitzten Gebläseluft.

Die corrigirte Formel für den Schmelz-Effekt der erhitzten Gebläseluft ist zufolge dieser Betrachtungen

$$\left.\begin{aligned} E &= [1 + 0{,}000240\,(t - x)]\,[1 + 0{,}000967\,(t - x)]^3 \\ x &= (272{,}85 + t)\,\frac{\psi}{\psi + 1} \cdot \frac{M}{B + M} \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

wobei ψ einstweilen $= 0{,}421$ zu setzen ist.

Durch die hier entwickelte Theorie dürfte es in hohem Grade wahrscheinlich gemacht seyn: daß der größere Schmelz-Effekt, den die erwärmte Gebläseluft, im Vergleich zur kalten, auf den Hohofenproceß ausübt, in

genügender Art durch die größere Wärmemenge erklärt werden kann, welche durch sie in den Ofen gebracht wird.

Zweckmäßige Benutzung d. erhitzten Gebläseluft.

Es ist bereits oben erwähnt worden, daß man es in seiner Gewalt hat, den durch erhitzte Gebläseluft hervorgebrachten Schmelz-Effekt mittelst Anwendung eines größeren oder geringeren Brennmaterial-Quantums so zu modificiren, daß dadurch entweder 1) nur Vermehrung der absoluten Produktion ohne Brennmaterial-Ersparniß, oder 2) keine Vermehrung der absoluten Produktion, sondern ausschließlich Brennmaterial-Ersparniß, oder 3) beides zugleich — und zwar in verschiedenem Verhältniß des einen zum anderen — erreicht wird. Hätten alle metallurgischen Processe nur das Schmelzen der Beschickung zum Zweck, so würden einzig und allein die lokalen Verhältnisse es bedingen, auf welche dieser drei Arten der Effekt der erhitzten Gebläseluft in einzelnen Fällen am vortheilhaftesten zu benutzen sey; bei der näheren Betrachtung der verschiedenen Schmelz-Processe wird es sich jedoch später zeigen und kann zum Theil schon jetzt eingesehen werden, daß manche Beschickungen vor ihrer Schmelzung einer gewissen Vorbereitung im Ofenschachte bedürfen, welche sie keinesweges bloß durch Erhitzung erlangen, sondern wozu auch eine gewisse Zeit und — bei Reduktions-Processen — ein gewisses Quantum reducirender Gase erfordert wird. Bei Beschickungen von solcher Beschaffenheit würde es also nicht räthlich seyn, sich des Effektes der heißen Gebläseluft in einem seiner Extreme, 1 und 2, zu bedienen, denn bei 1 würde die Schmelzung sehr beschleunigt und bei 2 ein bedeutend geringeres Quantum reducirender Gase entwickelt werden; man muß hier folglich den Mittelweg 3 einschlagen. Endlich erfordert die Behandlung einiger Beschickungen, daß die Erhitzung derselben einen gewissen Grad nicht überschreitet; für diesen Fall muß man sich mehr oder weniger von 1 zu entfernen und 2 anzunähern suchen.

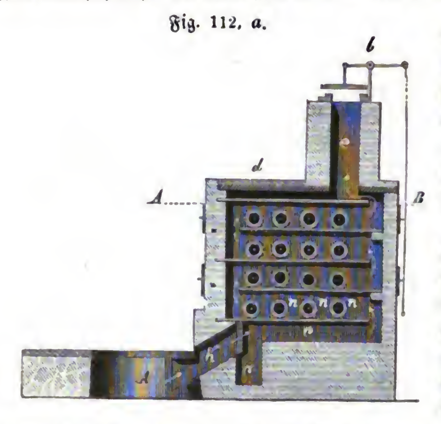
Als man sich von den ökonomischen Vortheilen überzeugt hatte, welche die Anwendung des heißen Windes im Allgemeinen gewährt, richtete man sein Augenmerk auf die zweckmäßigste Construktion der Lufterhitzungs-Apparate. Anfänglich wurden sehr verschiedene Einrichtungen derselben versucht; bald aber stellte es sich heraus, daß einige der einfacheren dieser Apparate allen Anforderungen genügten. Die allgemeinste Anerkennung seiner Zweckmäßigkeit hat der — nach dem Orte seiner ersten Anwendung, dem Hüttenwerke Wasseralfingen in Würtemberg — sogenannte Wasseralfinger-Apparat gefunden, welcher hier deshalb näher beschrieben werden soll.

Wasseralfinger Apparat.

Der Wasseralfinger Lufterhitzungs-Apparat ist in Fig. 112, *a* in seinem vertikalen Durchschnitte dargestellt, zugleich mit dem oberen Theile eines Hohofens, auf dessen Gichtmauer ein Theil des Appa-

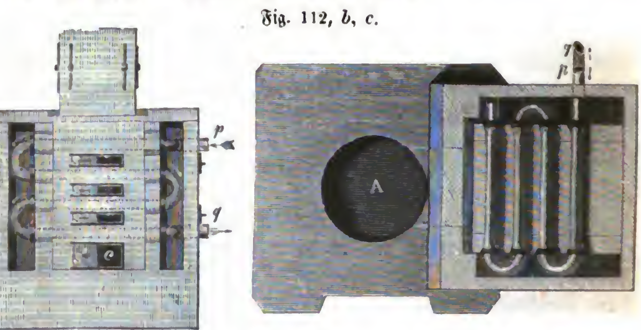
rates ruht. Zur Heizung desselben pflegt man sich nämlich — wovon später ausführlicher die Rede seyn wird — der Gichtflamme zu bedienen.

Fig. 112, *a*.



Es besteht dieser Apparat zunächst aus sechszehn horizontal und parallel liegenden gußeisernen Röhren *n, n, n* ....., von 6,8″ Durchmesser im Lichten und 7,7″ Durchmesser inclusive Wanddicke. Die Röhren liegen in vier Etagen, jede zu vier Röhren, über einander, und jede Etage ruht auf einer gußeisernen Platte, welche an einer Seite der erhitzenden Flamme den Durchzug gestattet. Letztere tritt von der Gicht *A* durch den ansteigenden Kanal *K* in den Raum *c*, und nimmt darauf den durch die Pfeile bezeichneten Weg bis in die Esse *e*. Die Art, auf welche jene 16 Röhren mit einander zu einer zusammenhängenden Windleitung verbunden sind, geht aus Fig. 112, *b* und *c* hervor.

Fig. 112, *b*, *c*.



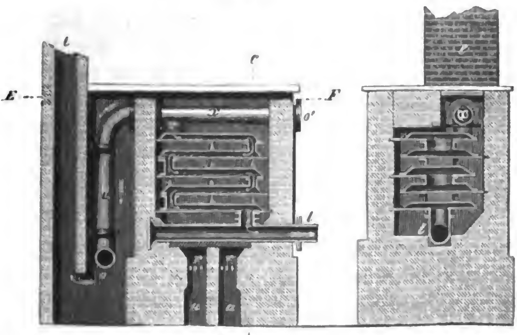
(*b*) ist die hintere Ansicht des Apparates, von *B* in (*a*) gesehen, mit Hinweglassung zweier Mauerstücke, wodurch ein Theil der Röhrenverbindungen sichtbar wird; (*c*) ist der horizontale Durchschnitt nach *A B* in (*a*). Man ersieht hieraus, daß jede Röhre einer Etage mit ihrer benachbarten durch ein knieförmiges Röhrenstück verbunden ist, und daß eine gleiche Verbin-

dung zwischen der letzten Röhre einer Etage und der zunächst liegenden Röhre einer oberen oder unteren Etage stattfindet. Die zu erhitzende Gebläseluft tritt zuerst in die dicht unterhalb der Esse *e* — siehe (*a*) — befindliche Röhre ein, welche in (*b*) und (*c*) mit *p* bezeichnet ist, durchläuft von hier die oberste Röhren-Etage, tritt aus der letzten Röhre derselben in die zunächst untere, durchläuft alsdann diese Etage u. s. w., bis sie, hinreichend erhitzt, aus der letzten Röhre der untersten Etage — *q* in (*b*) und (*c*) — wieder austritt und nun mit möglichst geringem Wärmeverlust der Düse zugeführt wird. Da die Gichtflamme stets mehr oder weniger Asche und Erzstaub mit sich führt, wodurch der Raum *c* endlich verstopft und die eisernen Platten und Röhren dick bestäubt werden würden, so hat man, um diesen die Lufterhitzung schwächenden Uebelständen entgegen zu arbeiten, gewisse Vorkehrungen angebracht. Zur Ansammlung eines Theiles des Gichtstaubes dient nämlich die Vertiefung *a* — siehe (*a*) —; die Hinwegschaffung eines anderen Theiles desselben geschieht aber mit Hülfe einfacher Werkzeuge durch die mittelst der Schieber *s, s, s, s* verschließbaren Oeffnungen. Diese Schieber sind in eisernen Rahmen beweglich und werden nur so lange geöffnet, als das Fegen des Apparates erfordert. Durch die Stellung der Essenklappe hat man es in der Gewalt, die Erhitzung der Röhren, also auch die der Gebläseluft, zu reguliren. Bei *d* in (*a*) ist der Apparat mit einer eisernen Platte geschlossen, welche, bei vorkommenden Reparaturen im Innern des Apparates, leicht entfernt werden kann. Damit sie nicht zu viel Wärme ausstrahlt, ist sie mit einer Sandschicht überschüttet. Alle übrigen Wände des Apparates bestehen aus gewöhnlichem, gut verankertem Mauerwerk.

Freiberger Apparat.

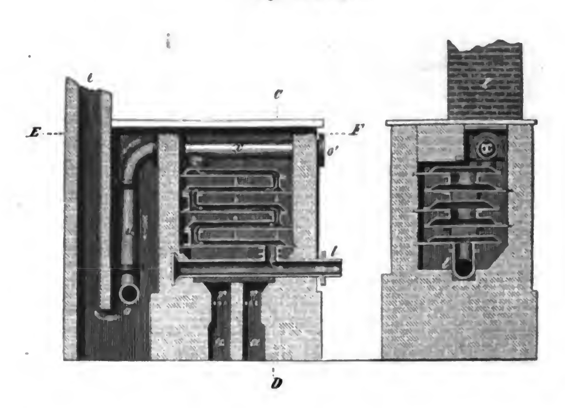
Einen anderen Lufterhitzungs-Apparat, wie solcher auf der Muldener Schmelzhütte bei Freiberg in Anwendung steht, zeigt Fig. 113

Fig. 113, *a*, *b*.



a, b in zwei auf einander senkrechten Vertikal-Durchschnitten. (b) ist der Durchschnitt nach CD in (a).

Fig. 113, *a*, *b*.



Die zu erwärmende Luft tritt durch o in die Röhre u, und gelangt von hier in die horizontale Röhre x, welche an ihrem einen Ende o' verschlossen ist, an ihrer unteren Seite dagegen eine Oeffnung besitzt, welche in ein System von fünf unter einander liegenden flachen gußeisernen Kästen ausmündet, deren Construktion aus beiden Durchschnitten (a) und (b) genügend hervorgeht. Aus dem letzten (untersten) dieser Kästen tritt die Luft mittelst eines kurzen vertikalen Röhrenstückes in die horizontale Röhre l, aus welcher sie unmittelbar in die Düse gelangt. r, r sind zwei Roste mit darunter befindlichen Aschenfällen a, a. Die Flamme des Brennmaterials nimmt von hier aus einen Weg, wie derselbe in (a) und (b) durch Pfeile angedeutet ist. Zuerst nämlich — siehe (b) — windet sie sich zwischen den fünf Kästen hindurch und tritt darauf in den die Röhre x umgebenden Raum, bewegt sich von hier aus — siehe (a) — rings um die Röhre u niederwärts und tritt endlich in die Esse e. Noch deutlicher wird die Construktion des Apparates durch Hinzuziehung eines Horizontal-Durchschnittes desselben nach EF in (a). Siehe Fig. 113, *c*.

K ist der oberste der fünf Erwärmungs-Kästen, d die Düse, f eine Wasserform, welche ihr Wasser durch die Röhre v' zugeleitet erhält; durch die Röhre v strömt es wieder aus. x, o' und l bedeuten dasselbe wie in (a) und (b). Die Schnittfläche von (a) ist nach der Linie AB in (c) genommen. Die Bedeutung von w geht aus der Figur 113, d hervor,

welche eine Ansicht des ganzen Wärmofens darstellt Die Schnittfläche von (*a*) ist dieser Ansicht parallel.

Fig. 113, *c*.

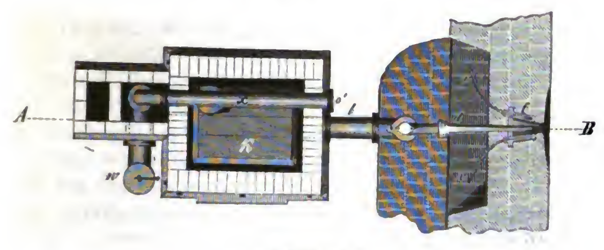
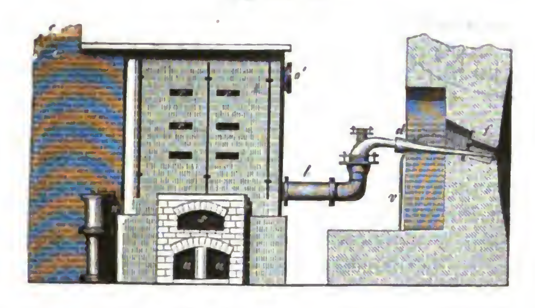


Fig. 113. *d*.



Aus der unter der Hüttensohle befindlichen Windleitung gelangt die Gebläseluft in die aufrecht stehende Röhre *w* und aus dieser — siehe (*c*) — durch ein kurzes horizontales Röhrenstück in den eigentlichen Wärm-Apparat. Der obere Theil der Röhre *n* dient als Windsperrungskasten; es ist darin nämlich ein (Teller-) Ventil angebracht, durch dessen Stellung mehr oder weniger Wind in den Ofen eingelassen werden kann. Die Stellung geschieht mittelst einer durch den Röhrendeckel gehenden Schraube, welche durch einen Hebel gedreht wird. *s* ist das zu den beiden Rosten führende Schürloch. Die anderen Buchstaben bedeuten dasselbe wie in den vorhergehenden Figuren. Oberhalb des Schürloches gewahrt man sechs in zwei vertikalen Reihen angebrachte Oeffnungen, welche durch Ziegel versetzt sind; auf der entgegengesetzten Seite des Ofens sind ähnliche Oeffnungen angebracht. Sie dienen alle zur Reinhaltung des Apparates von Flugasche, welche sich besonders auf den Deckplatten der fünf Kästen anhäuft. Dieses Anhäufen von Flugasche, welches namentlich bei Torf-

feuerung im hohen Grade geschieht, bildet einen wesentlichen Uebelstand bei diesem Apparate, welcher nur durch eine andere Form der Erwärmungskästen beseitigt werden kann. Auf der Halsbrückner Schmelzhütte bei Freiberg hat man daher einen Lufterhitzungs-Apparat erbaut, bei welchem die Erwärmungskästen im Vertikal-Durchschnitte eine dreieckige Gestalt besitzen, und zwar so, daß die Spitze dieses Dreiecks nach oben gerichtet ist. Hierdurch findet die Flugasche auf den Kästen keinen Halt, sondern gleitet von den schräg laufenden Seitenwänden herab. Durch eine im kleinen Maaßstabe ausgeführte Zeichnung läßt sich die nähere Einrichtung dieses Apparates nicht gut deutlich machen, und es muß deshalb hierbei auf v. Herder's Atlas (Abbildungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft, mit Erläuterungen von Brendel, Reich, Winkler und Merbach) Tab. III, Fig. 1 — 3 verwiesen werden. In diesem Werke findet man zugleich eine große Anzahl anderer Lufterhitzungs-Apparate abgebildet und detaillirt beschrieben.

Allgemeine Regeln in Betreff der Lufterhitzungs-Apparate.

Als allgemeine Vorschriften, nach denen man sich bei der Anlegung von Lufterhitzungs-Apparaten zu richten hat, sind besonders folgende zu beachten.

1. Jeder Lufterhitzungs-Apparat wird so angelegt, daß der von dem Gebläse kommende Wind seinen Weg durch denselben nach dem mit heißer Luft zu speisenden Ofen nimmt. Wollte man den Lufterhitzungs-Apparat hinter dem Gebläse, nämlich so anlegen, daß letzteres die bereits erhitzte Luft einsaugte, so würde dieses selbst bei Cylinder-Gebläsen und bei nicht stark erwärmter Luft mancherlei Uebelstände mit sich führen, bei den meisten anderen Gebläsen aber natürlich gar nicht zu ermöglichen seyn.

2. Um der aus der Düse strömenden Luft einen möglichst hohen Hitzgrad zu ertheilen, ist es erforderlich, den Lufterhitzungs-Apparat der Düse möglichst nahe zu legen, oder wenigstens dafür zu sorgen, daß der Wind auf seinem Wege von jenem Apparate zur Düse keinen bedeutenden Theil seines Hitzgrades einbüßt. Zu diesem Ende umgiebt man den betreffenden Röhrenstrang mit einer Verschalung von Holz oder Eisen, zwischen welcher und dem Röhrenstrange ein geeigneter schlechter Wärmeleiter, wie z. B. Sand, gepochter Mauerschutt oder dergleichen eingefüllt wird.

3. Das beste Material zur Herstellung des eigentlichen Erhitzungs-Apparates ist Gußeisen.

4. Die durch den Apparat strömende Gebläseluft muß in möglichst dünne Schichten getheilt werden, um ihre Erhitzung zu erleichtern.

5. Die von der Feuerungsstätte kommende, zur Erhitzung des Apparates dienende Flamme muß sich, so viel sich dies bewerkstelligen läßt, an den Wänden der Lufterhitzungs-Gefäße brechen, d. h. stellenweise gerade

gegen dieselben anströmen, nicht aber stets parallel an ihnen hinstreichen. In ersterem Falle wird eine stärkere Erhitzung erreicht.

6. Die Gestalt der Lufterhitzungs-Gefäße muß darauf berechnet seyn, daß sich keine zu beträchtliche Quantität Flugasche oder Gichtstaub zwischen und auf den Wänden derselben anhäufen kann.

7. Der Apparat muß leicht zu reinigen und in Betreff vorfallender Reparaturen leicht zugänglich seyn.

8. Die Wände derjenigen Lufterhitzungs-Gefäße, welche dem stärksten Hitzgrade ausgesetzt sind — der Feuerungsstätte zunächst liegen — müssen etwas dicker hergestellt werden als die der anderen. Liegt ein Theil derselben unmittelbar über dem Roste, so ist es rathsam, hier einen feuerfesten Thonüberzug anzuwenden, um das Eisen gegen zu baldige Zerstörung zu schützen.

9. Die in den Apparat einströmende Gebläseluft muß sich von einer kälteren Stelle des Apparates zur heißesten bewegen, d. h. die Gebläseluft muß in einer Richtung strömen, welche der des Zuges im Apparate entgegengesetzt ist. Der Grund hierzu ist leicht einzusehen.

10. Die innerhalb des Apparates befindlichen Röhren oder Lufterhitzungs-Gefäße anderer Art müssen in ihren Fugen mittelst eines feuerfesten Kittes luftdicht gemacht werden. Die Zubereitung solcher Kitte wurde schon oben angegeben.

11. Es müssen Ventile (Schieber-, Teller- oder Kegel-Ventile) an geeigneten Stellen angebracht seyn, um der Gebläseluft betreffenden Falles das Eindringen in den Apparat zu verhindern. Zugleich aber muß ein zweiter Röhrenstrang angebracht seyn, durch welchen der Wind, bei abgesperrtem Lufterhitzungs-Apparate, — also in nicht erhitztem Zustande — auf direktem Wege zur Düse gelangen kann. Diese Einrichtung findet ihre Anwendung sowohl bei Reparationen des Apparates als auch in den Fällen, wo von Zeit zu Zeit ein Blasen mit kaltem Winde erfordert wird.

12. Zur Aufnahme eines Instrumentes für die Messung des Hitzgrades der Gebläseluft ist in der Nähe der Düse eine geeignete Vorrichtung anzubringen.

Messung der Temperatur der erhitzten Gebläseluft.

Ist die Temperatur der erhitzten Gebläseluft keine sehr hohe, so kann dieselbe leicht mittelst eines gewöhnlichen, in die Windleitung luftdicht eingelassenen Quecksilber-Thermometers gemessen werden. Man bedient sich jedoch der Quecksilber-Thermometer im Ganzen nur selten, weil sie gewöhnlich nicht lange vor dem Zerspringen zu bewahren sind. Eine beträchtlich über 300° C. (der Siedepunkt des Quecksilbers ist = 360° C.) hinausgehende Temperatur läßt sich natürlich durch dieselben nicht bestimmen, kommt aber auch nur selten bei der erhitzten Gebläseluft vor; denn die gußeisernen Lufterhitzungs-Gefäße müßten hierbei einen Hitzgrad besitzen, welcher ihre

baldige Zerstörung fürchten lassen würde. Weit dauerhafter als die gewöhnlichen Thermometer sind die Metallspiralen-Thermometer; allein sie pflegen alle den Fehler zu haben, nach längerem Gebrauche faul zu werden. Am zweckmäßigsten dürfte es daher wohl seyn, die Temperatur der Gebläseluft durch Legirungen von bekanntem Schmelzpunkte zu bestimmen. Zu diesem Ende wird in der Nähe der Düse ein schmales kupfernes Kästchen in die Windleitung luftdicht eingelassen, innerhalb dessen man mehrere — etwa sechs — kleine eiserne oder kupferne Gefäße von der Gestalt und Größe eines Fingerhutes anbringt, worin sich die bei verschiedenen Temperaturen, z. B. bei 150°, 160°, 170°, 180°, 190° und 200° schmelzbaren Legirungen befinden. Diese Eimerchen sind an Metalldrähten aufgehängt, mittelst welcher man sie leicht aus dem kupfernen Kästchen herausheben kann, um den Zustand der Legirungen zu untersuchen. Natürlich ist jenes Kästchen für gewöhnlich verschlossen zu halten, damit die Luft in demselben nicht abgekühlt wird. Durch eine solche Vorrichtung ist man, wie leicht einzusehen, im Stande, die Temperatur der Gebläseluft bis auf annähernd 10° C. zu messen. Sollte eine größere Genauigkeit gewünscht werden, so müßte man eine größere Anzahl Eimerchen mit Legirungen füllen, deren Schmelzpunkte weniger als 10° C. von einander entfernt sind. Ganz besonders eignen sich hierzu Legirungen von Wismuth, Blei und Zinn. Man sehe Schubarth's Sammlung physikalischer Tabellen (vierte Auflage), S. 136. — Daß die auf irgend eine Art gemessene Temperatur der erhitzten Gebläseluft innerhalb der Windleitung stets etwas größer ist als die Temperatur des aus der Düse strömenden Windes, wurde bereits oben erwähnt.

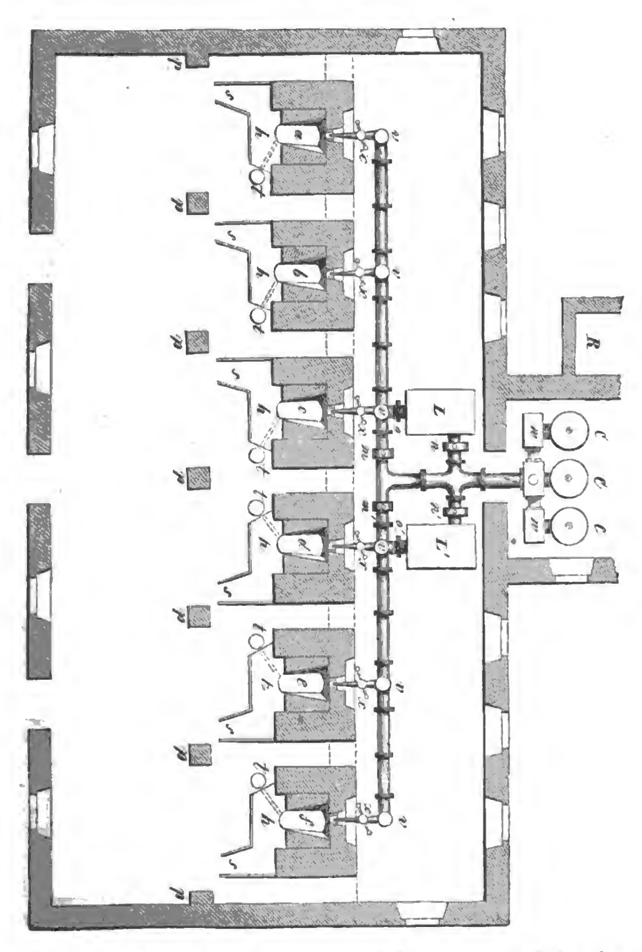
Anordnung der Windleitungs-Vorrichtungen.

Um ein Beispiel von der Anordnung aller zum Blasen mit warmem und kaltem Winde nöthigen Vorrichtungen zu geben, ist in Fig. 114 a. f. S. der Grundriß einer Schmelzhütte dargestellt, deren 6 Oefen durch ein Cylindergebläse gespeist werden.

C, *C*, *C*, die drei Cylinder des Cylinder-Gebläses, welches durch das in der Radstube *R* befindliche Wasserrad in Bewegung gesetzt wird. Aus den Cylindern gelangt die Gebläseluft in den gemeinschaftlichen Windkasten *w w*, und aus diesem in den Hauptröhrenstrang *r*. Zwei Arme des letzteren führen durch die Lufterhitzungs-Apparate *L* und *L'*. Bei *n*, *n'*, *m*, *m'* und *o*, *o'* sind Schieber angebracht, durch deren Stellung man es in der Gewalt hat, den Wind entweder durch die Lufterhitzungs-Apparate oder um dieselben herum zu leiten. Soll nämlich in den 6 Oefen *a*, *b*, *c*, *d*, *e* und *f* mit heißer Luft geblasen werden, so werden die Schieber *m*, *m'* geschlossen, die Schieber *n*, *n'* und *o*, *o'* dagegen geöffnet; soll dagegen mit kalter Luft geblasen werden, so schließt man *n*, *n'* und *o*, *o'*, und öffnet *m*, *m'*. Nicht selten kommt es vor, daß ein Theil der Oefen heiße, ein anderer Theil zu

gleicher Zeit kalte Luft erfordert, was sich durch Stellung der Schieber ebenfalls erreichen läßt. Sind nämlich *n*, *o* und *m'* geschlossen, die anderen drei

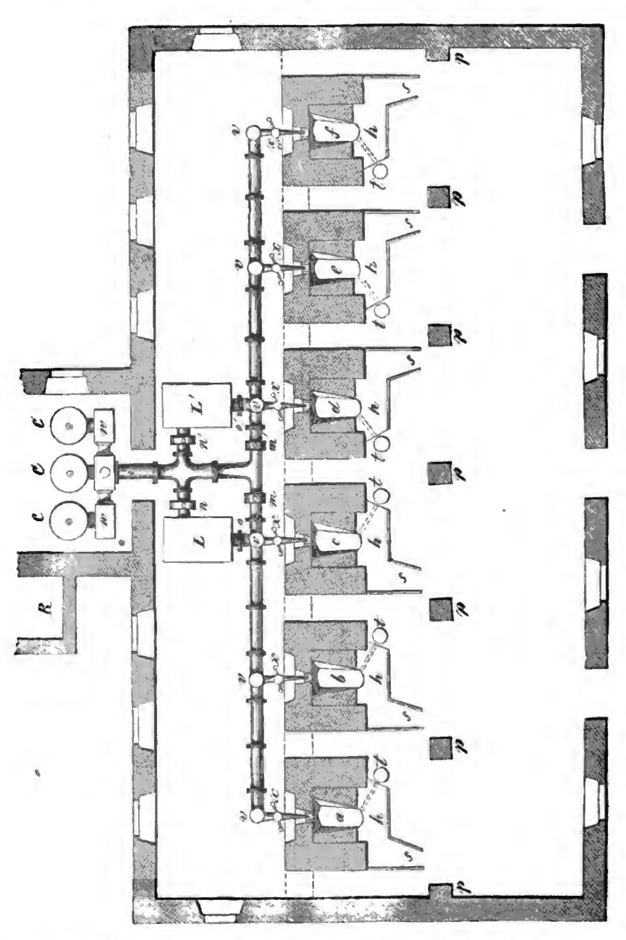
Fig. 114.



Schieber aber offen, so erhalten die Oefen *a*, *b*, *c* kalten, die Oefen *d*, *e*, *f* heißen Wind; sind *n'*, *o'* und *m* geschlossen, so findet das Umgekehrte statt.

Aus dem längs der Hinterseite der Oefen laufenden Röhrenstrange wird der Wind für jeden einzelnen Ofen abgeleitet. Da dieser Röhrenstrang

Fig. 114.



unter der Hüttensohle angebracht zu seyn pflegt, so befindet sich hinter jedem Ofen eine senkrecht stehende Röhre v, aus deren oberem Ende die Düsen-

röhre rechtwinklich abgeführt ist. Letztere ist mit einem Hahne x versehen, durch welchen man die Windmenge reguliren kann. Will man die Pressung bestimmen, mit welcher der Wind aus den verschiedenen Düsen strömt, so muß das Manometer zwischen dem Hahne x und der Düse angebracht werden. Auch die Temperatur der erhitzten Gebläseluft ist an dieser Stelle zu messen. Daß an der Düsenröhre irgend ein Mechanismus angebracht seyn muß, vermittelst dessen eine verschiedene Stellung der Düse ermöglicht wird, ist bereits oben erwähnt worden. — Daß lokale Verhältnisse oftmals keine so symmetrische Anordnung der sämmtlichen Gebläsevorrichtungen gestatten, wie solche in dem vorliegenden Beispiele angenommen wurde, ist kaum nöthig hinzuzufügen. Besonders bei der Vergrößerung der Schmelzhütten durch späteren Anbau kann eine vollkommene Regelmäßigkeit nicht immer im Auge behalten werden. — Die bei der Beschreibung der Fig. 114 jetzt nicht in Betracht gekommenen, durch die Buchstaben s, t, h, p bezeichneten Theile werden später ihre Erklärung finden.

V. Von der zweckmäßigsten Ofen-Construktion und der Regulirung der einströmenden Verbrennungsluft.

A. Von der zweckmäßigsten Ofen-Construktion.

Allgemeine Vorbemerk.

Die Construktion der Oefen, sowohl in Bezug auf Form als Material, wird großentheils durch die metallurgischen Processe und die Art des zu denselben angewendeten Brennmaterials bedingt; die Erreichung eines möglichst hohen Wärme-Effektes und die möglichst vollständige Benutzung desselben können deshalb hierbei nicht als Haupt-Momente, sondern nur insoweit in Betracht kommen, als die Ausführung der metallurgischen Processe dadurch nicht beeinträchtigt wird. Ueberdies dient das Brennmaterial dem Metallurgen nicht zur Feuerung allein, sondern in vielen Fällen als ein Mittel zur Reduktion und nicht selten auch — auf indirekte Weise — zur Oxydation, bei welchen beiden letzteren Arten der Anwendung seine Nutzleistung als Brennmaterial nur eine untergeordnete Rolle spielt. Es wird sich also in diesem Abschnitte nicht darum handeln, eine Ofen-Construktion ausfindig zu machen, welche die absolut höchste Nutzleistung des Brennmaterials in Bezug auf Wärmeerzeugung mit sich führt, sondern es wird darauf ankommen, nachzuweisen, bis zu welchem Grade eine solche Nutzleistung bei den Heerd-, Schacht-, Flamm- und Gefäß-Oefen zu erreichen möglich ist, und wie dieselbe durch gewisse Construktions-Details erhöht werden kann.

Heerdöfen. Die Heerdöfen sind in der gedachten Beziehung sehr unvollkommene Vorrichtungen. Wenn auch mit Hülfe der dabei angewendeten Gebläseluft ein hoher Hitzgrad in denselben entwickelt werden kann, so gelangt doch nur ein verhältnißmäßig geringer Theil der erzeugten Wärmemenge zur wirklichen Benutzung. Die Flamme und der heiße Gasstrom finden so gut wie kein Hinderniß, aus dem Heerde — zum Theil beinahe unbenutzt — zu entweichen. Die geringe Tiefe der Heerde und ihre Offenheit nach fast allen Seiten sind Schuld daran; allein beides sind mehr oder weniger Bedingnisse der in ihnen ausgeführten metallurgischen Processe. Die Eisenfrischheerde hat man in neuerer Zeit mit einer Ueberwölbung herzustellen angefangen, wodurch ein etwas geringerer Wärmeverlust stattfindet.

Schachtöfen. In den Schachtöfen mit Gebläse wird, wie wir bereits aus den Berechnungen im vorhergehenden Abschnitte ersehen haben, unter übrigens günstigen Umständen der höchste Hitzgrad erzeugt, welcher bei metallurgischen Processen bis jetzt hervorzubringen möglich gewesen ist. Die Benutzung dieses Hitzgrades geschieht sehr vollkommen, indem sich Brennmaterial und der zu erhitzende Körper in unmittelbarer Berührung mit einander befinden. In weniger vollständiger Art findet die Benutzung der durch Verbrennung des Brennmaterials entwickelten Wärmemenge statt, da ein Theil derselben durch die Schachtwände abgeleitet wird, ein anderer aber hauptsächlich dadurch verloren geht, daß die im unteren Schachtraume erzeugte Kohlensäure auf ihrem Wege durch die darüberliegenden Kohlenschichten sich zu Kohlenoxyd umändert, welches erst oberhalb der Gicht — indem es hier die Gichtflamme bildet — zur Verbrennung gelangt. Der letztere Umstand läßt sich nicht beseitigen und bildet sogar bei einigen Schachtofen-Processen — namentlich beim Eisenhohofen-Processe — ein wesentliches Moment zur Erreichung des Hauptzweckes. Die Wärmeleitung durch die Ofenwände wird dadurch von geringerer Bedeutung, daß man diese Wände sehr stark herzustellen pflegt und daß sie aus einem wenig wärmeleitenden Materiale bestehen. Bei den Eisenhohöfen wirkt auch die sogenannte Füllung (s. S. 81) auf die Verminderung dieser Ableitung hin. — Bei den Schachtöfen ohne Gebläse finden weniger günstige Verhältnisse statt.

Flammöfen. In den Flammöfen läßt sich, wenigstens anhaltend, kein ganz so hoher Hitzgrad erreichen, wie in den Schachtöfen, und zwar besonders aus folgenden Gründen. 1) Die Flammöfen lassen nur die Anwendung von unverkohlten Brennmaterialien zu, welche einen geringeren pyrometrischen Wärme-Effekt besitzen als die in den Schachtöfen angewendeten verkohlten; 2) die Verbrennung des Brennmaterials geschieht bei ersteren nur durch Zug, während sie bei letzteren durch mehr oder weniger stark gepreßte

Gebläseluft bewirkt wird; 3) die Construktion der Schachtöfen gestattet nicht ein solches Vorwärmen des Brennmaterials, wie es in den Schachtöfen stattfindet (s. den vorhergehenden Abschnitt). — Auch die Benutzung des entwickelten Wärmegrades und Wärmequantums geschieht bei den Flammöfen in geringerem Maaße als bei den Schachtöfen, indem der zu erhitzende Körper, über welchen die Flamme flüchtig hingleitet, fast nur von der strahlenden Wärme getroffen wird. Noch mehr wird diese Benutzung durch Wärmeausstrahlung der Ofenwände deprimirt, welche bei Flammöfen bedeutender zu seyn pflegt als bei Schachtöfen. Vermindert kann dieser Nachtheil dadurch werden, daß man die Wände der Flammöfen nicht zu dünn und möglichst dicht herstellt, und daß man den eigentlichen Flammenraum mit schlechten Wärmeleitern umgiebt. — Die Flammöfen mit Gebläse stehen denen ohne Gebläse im Effekte nach, weil die Gebläseluft bei ihnen nicht unmittelbar auf das Brennmaterial wirkt, sondern vorzugsweise zur Oxydation des zu erhitzenden Körpers dient. Die Flammöfen mit Gebläse und Gasfeuerung, von denen später die Rede seyn wird, machen hiervon eine Ausnahme. In ihnen kann unter gewissen Umständen ein höherer Hitzgrad als in anderen Flammöfen erreicht werden.

Flammöfen mit Pultfeuer.

Neuerlich hat man angefangen, namentlich bei Flammöfen mit Holzfeuerung, sich auf einigen Hüttenwerken versuchsweise der sogenannten »Pultroste« oder »Pultfeuer« zu bedienen, einer Verbrennungs-Vorrichtung, welche mit der bei Porzellanöfen gebräuchlichen Feuerung mit niederwärts gehendem Luftzuge große Aehnlichkeit besitzt. Die Holzscheite, die hierbei alle ziemlich von gleicher Länge seyn müssen, werden in einen oben und unten offenen länglich parallelepipedischen Raum gelegt; und durch zwei dicht darunter, an den beiden schmalen Seiten desselben angebrachte Mauervorsprünge in ihrer horizontalen Lage erhalten. Der durch Essenzug hervorgebrachte Luftstrom dringt von **oben** zwischen die Holzscheite ein, welche gewissermaßen einen Rost zu ihrer eigenen Verbrennung bilden. Die Flamme des Holzes schlägt also niederwärts, und die Verbrennung der Scheitschichten schreitet von unten nach oben fort. Man führt die Flamme, nachdem sie jene Richtung auf einer kleinen Strecke verfolgt hat, horizontal über den Heerd des Flammofens. Die durchgebrannten Holzscheite, die man durch oben aufgelegte frische sogleich wieder ergänzt, fallen auf eine nicht weit unterhalb des Feuerungsraumes befindliche Unterlage von Holzkohlenlösche, verbrennen hier vollständig, und die dabei entwickelten heißen Verbrennungsgase nehmen ebenfalls ihren Weg über die Feuerbrücke in das Innere des Flammofens. Die zum Theil verbrennende und dadurch an Volum abnehmende Kohlenlösche wird durch die Asche des Brennmaterials ersetzt. Es scheint jedoch, daß ein nicht unbedeutender Theil der letzteren durch den Zug in den inneren Ofenraum übergeführt werden müsse. Die Idee, welche bei

der Einrichtung der Pultfeuer zu Grunde gelegen hat, ist wohl hauptsächlich die, den Brennmaterial-Verlust zu verhindern, welcher bei gewöhnlichen Rostfeuerungen durch das durch den Rost fallende Brennmaterial verursacht wird. Eine nähere Beschreibung nebst Abbildung eines Pultrostes findet man in Tunner's Jahrb. f. d. Oesterreich. Berg- und Hüttenmann, 1847, so wie in Berg- und hüttenm. Zeitg. Bd. 7, S. 226. Auch Pultfeuer für Steinkohlen und Torf werden angewendet. (Hellmann in Berg- und hüttenm. Zeitg. Bd. 7, S. 281.)

Gefäßöfen.

Von den Gefäßöfen nähern sich einige in ihrer Construktion den Flammöfen, andere den Schachtöfen ohne Gebläse. Dadurch, daß sich in ihnen der zu erhitzende Körper in einem Gefäße eingeschlossen befindet, wird sowohl die Benutzung des Wärmegrades als der Wärmemenge beeinträchtigt.

Vergleichung d. verschieden. Oefen.

In Bezug auf die durch Ofen-Construktion bedingte Entwicklung eines möglichst hohen Wärme-Effektes und die möglichst vollständige Benutzung desselben nehmen die Schachtöfen mit Gebläse den ersten Rang ein; darauf folgen die Flammöfen, die Gefäßöfen und endlich die Heerdöfen. In letzteren ist die Nutzleistung des Brennmaterials am geringsten, die erzeugte Temperatur aber mitunter höher als in den Gefäßöfen und Flammöfen.

Mehrere metallurgische Processe lassen es zu, daß sie — ohne Nachtheil für ihre zweckmäßige Ausführung — sowohl in Flamm- als in Schachtöfen vorgenommen werden können. In Betracht der eben angeführten Vortheile der Schachtöfen könnte es daher scheinen, daß man in solchen Fällen nicht zweifelhaft in der Ofenwahl seyn könne. Inzwischen sind dabei noch mancherlei Umstände zu berücksichtigen, von denen hier nur herausgehoben werden möge, daß 1) ein Flammofen mit unverkohltem Brennmaterial (Holz, Torf u. s. w.) gefeuert wird, während ein Schachtofen des gewöhnlich kostbareren verkohlten Brennmaterials bedarf, und daß 2) ein Flammofen kein Gebläse, also keine Betriebs-Maschinenkraft erfordert. Lokale Verhältnisse können deshalb bei dieser Wahl in verschiedenen Gegenden zu abweichenden Entscheidungen führen.

B. Von der Regulirung der einströmenden Verbrennungsluft.

Welche Luftmenge wird erfordert?

Das bei der Anwendung von Zug- oder Gebläse-Vorrichtungen erstrebte Ziel — Hervorbringung eines möglichst hohen Wärme-Effektes — kann nur dadurch vollkommen erreicht werden, wenn zugleich dafür gesorgt ist, daß durch diese Vorrichtungen in einer gegebenen Zeit weder eine zu kleine, noch eine zu große Luftmenge in den Ofen geschafft wird. Zu klein würde das Quantum der Verbrennungsluft seyn, wenn das Brennmaterial

dadurch nicht vollständig verbrannt, sondern wenn am Orte der Verbrennung ein beträchtlicher Theil brennbarer Gase erzeugt würde, welcher erst später oder vielleicht gar nicht zur Verbrennung gelangte; zu groß würde dasselbe dagegen seyn, wenn das aus dem Ofen strömende Gasgemenge noch freies Sauerstoffgas enthielte. In beiden Fällen würde man vom Brennmateriale eine geringere Nutzleistung erlangen, als bei der Anwendung einer zur vollständigen Verbrennung gerade ausreichenden Luftmenge. Was aber bereits in Bezug auf die Ofenconstruktion gesagt wurde, daß es nämlich bei derselben im Allgemeinen weit mehr auf die zweckmäßigste Ausführung des metallurgischen Processes, als auf die größtmögliche Nutzleistung des Brennmaterials ankomme, gilt auch hinsichtlich der Regulirung des Quantums der Verbrennungsluft. Einige metallurgische Processe verlangen eine oxydirende, d. h. freien Sauerstoff enthaltende, andere eine reducirende, d. h. unverbrannte brennbare Stoffe bei sich führende Flamme.

Das innerhalb einer gegebenen Zeit für einen bestimmten metallurgischen Proceß erforderliche Quantum der Verbrennungsluft kann, wegen der vielen hierbei in Betracht kommenden und größtentheils numerisch nicht abschätzbaren Nebenumstände, kein Gegenstand der Berechnung seyn, sondern wir sind hierbei so gut wie ausschließlich an die Erfahrungen des Praktikers gewiesen. Da diese Erfahrungen sowohl für jede Art der Oefen, als auch für jede Art der darin ausgeführten metallurgischen Processe andere sind, so lassen sich keine allgemeinen Angaben darüber machen; die speciellen Angaben aber gehören nicht in diesen Abschnitt, sondern es kann ihrer erst bei den betreffenden metallurgischen Processen gedacht werden.

Bei allen Gebläseöfen läßt sich die Zumessung der erfahrungsmäßig pro Minute nöthigen Luftmenge sehr genau bewirken, weit weniger genau bei den Zugöfen. Von letzteren sind es jedoch hauptsächlich nur die Zug-Flammöfen, welche eine schärfere Zug-Regulirung erfordern.

Zug-Regulirung bei Flammöfen.

Die während einer gegebenen Zeit durch den Rost eines Zug-Flammofens einströmende Luftmenge ist vorzugsweise abhängig 1) von der Höhe der Esse, 2) von der Größe des Essen- (oder vielmehr Fuchs-) Querschnittes, 3) von der mittleren Temperatur des in der Esse aufsteigenden heißen Gasstromes, und 4) von dem Widerstande, welchen die Luft bei ihrem Aufsteigen durch den Rost und durch die auf dem Roste befindliche Brennmaterialschicht findet. Dieser Widerstand wirkt mehr oder weniger hemmend auf den durch die Umstände 1, 2 und 3 bedingten Zug; es muß also, da ein lebhafter Zug zur Erreichung eines hohen Wärme-Effektes erforderlich ist, dahin gestrebt werden, diesen Widerstand möglichst zu beseitigen. Um die Bedingungen hierzu zu finden, wollen wir vorläufig annehmen, die Verbrennungsluft trete nicht durch den Rost, sondern durch eine einzige ungetheilte Oeffnung in den Schürraum, finde keinen Widerstand bei ihrem

Aufsteigen durch das Brennmaterial und gelange zur vollständigen Verbrennung. Die Geschwindigkeit der in eine solche Oeffnung einströmenden Luft kann nun entweder 1) kleiner als die Geschwindigkeit des heißen Gasstromes in der Esse, oder 2) derselben gleich oder 3) größer als dieselbe seyn. Wäre Ersteres der Fall, so würde der Zweck eines möglichst starken Essenzuges — der ja eben das lebhafte Eindringen der Luft auf das Brennmaterial bewirken soll — nicht erreicht; fände Letzteres statt, so würde daraus hervorgehen, daß die Einströmungs-Oeffnung verhältnißmäßig kleiner als der Essen-Querschnitt sey, was eine vermehrte Friktion der Luft an den Wänden jener Oeffnung, also das Eintreten einer geringeren absoluten Luftmenge zur Folge haben müßte, als der Fall seyn würde, wenn die Geschwindigkeiten in der Esse und in der Zuströmungs-Oeffnung einander gleich wären. Dies letztgenannte Verhältniß ist daher zur Erreichung eines möglichst hohen Wärme-Effektes offenbar das vortheilhafteste.

Verhältniß d. Essen-Querschnittes zur Zuströmungs-Oeffnung.

Es fragt sich nun: in welcher Proportion der Flächeninhalt der Zuströmungs-Oeffnung zu dem des Essen-Querschnittes stehen müsse, damit jene Geschwindigkeiten einander gleich werden? Hierzu ist nur zu wissen erforderlich: in welchem Grade die einströmende Luft durch die Verbrennung ihr Volum verändert. Sie verändert dasselbe sowohl wegen ihrer chemischen Umwandlung bei der Verbrennung als auch wegen der Ausdehnung der gasförmigen Verbrennungs-Produkte durch Erwärmung. Die Volum-Vergrößerung, welche die Luft durch die erste dieser Ursachen (ganz ohne Rücksicht auf Erwärmung) erfährt, kann man leicht berechnen, wenn man berücksichtigt, daß 1 Vol. Sauerstoffgas mit Kohlenstoff zu 1 Vol. Kohlensäure, und daß 1 Vol. Sauerstoffgas mit Wasserstoff zu 2 Vol. Wasserdampf verbrennt. Bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure ist also das Volum der gasförmigen Verbrennungs-Produkte genau gleich dem Volum der verbrauchten atmosphärischen Luft, während bei der Verbrennung des Wasserstoffs zu Wasser das Volum der Verbrennungs-Produkte 1,21 mal größer ausfällt als das der verbrauchten Luft *). Durch vollständige Verbrennung eines aus 95 Gwthln. Kohlenstoff und 5 Gwthln. Wasserstoff bestehenden Brennmaterials erfolgt also ein Gasgemenge, welches nur 1,03 mal mehr Raum einnimmt als die

*) Die atmosphärische Luft besteht in 100 Volthln. aus 21 Volthln. Sauerstoff und 79 Volthln. Stickstoff, also in 4,76 Volthln. aus 1 Volthl. Sauerstoff und 3,76 Volthln. Stickstoff. Bei ihrer Verbrennung mit Wasserstoff wird jenes 1 Volthl. Sauerstoff zu 2 Volthln. Wasser; aus 4,76 Luft entstehen also 5,76 Volthle. Verbrennungs-Produkte, aus 1 Volthl. Luft folglich 1,21 Volthle. dieser Gase.

dazu nöthig gewesene atmosphärische Luft*). Ein größerer Zuwachs des Volums findet bei einem wasserhaltigen Brennmateriale statt. Enthielte ein solches außer jenen brennbaren Bestandtheilen, z. B. 20 Gwthle. Wasser, so würden, wie eine einfache Berechnung ergiebt, bei seiner Verbrennung $977^7/_9$ Gwthle. Stickstoff, $348^1/_3$ Gwthle. Kohlensäure und 65 Gewichtsthle. Wasserdampf — und zwar 45 Gwthle. Wasserdampf von der Verbrennung der im Brennmaterial enthaltenen 5 Gwthle. Wasserstoff, 20 Gwthle. Wasserdampf aber von dem angenommenen Wassergehalte herrührend — gebildet werden. Da das specif. Gew. des Stickstoffs = 0,9757, das specif. Gew. der Kohlensäure = 1,5245 und das des Wasserdampfes = 0,6201 ist, so stehen die Volume dieser verschiedenen Verbrennungs-Produkte in dem Verhältnisse

$$\frac{977^7/_9}{0,9757} : \frac{348^1/_3}{1,5245} : \frac{45}{0,6201} : \frac{20}{0,6201}$$

Es verhält sich also das Volum der durch Verbrennung von 95 Gewichtsthln. Kohlenstoff und 5 Gwthln. Wasserstoff in atmosphärischer Luft erzeugten Gase zu dem Volum von 20 Gwthln. Wasserdampf wie

$$\left(\frac{977^7/_9}{0,9757} + \frac{348^1/_3}{1,5245} + \frac{45}{0,6201}\right) : \frac{20}{0,6201}$$

welches sehr nahe wie 1300 : 32 ist. Das Volum der von der Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs herrührenden Gase ist aber, wie bereits gezeigt wurde, 1,03mal größer als das Volum der dazu verbrauchten Luft, folglich verhält sich das Volum der zur Verbrennung des betreffenden Brennmaterials (95 Gwthle. C, 5 Gwthle. H, 20 Gwthle. $\dot{H}$) nöthigen Luft zum Volum der hierbei entstehenden gasförmigen Verbrennungs-Produkte wie $\frac{1300}{1,03} : 1300 + 32 = 1262 : 1332 = 1 : 1,055$.

Dieser Volum-Zuwachs ist so unbedeutend, daß er bei den folgenden Betrachtungen unberücksichtigt bleiben kann, um so mehr als derselbe in der

*) Da 1 Gwthl. Wasserstoff zu seiner vollständigen Verbrennung 3mal so viel Sauerstoff erfordert als 1 Gwthl. Kohlenstoff, so verhalten sich die zur Verbrennung von 95 Gwthln. Kohlenstoff und 5 Gwthln. Wasserstoff nöthigen Luft-Volumina wie $95 : 5 \times 3 = 95 : 15 = 19 : 3$. Jene 19 Volthle. Luft bleiben bei der Verbrennung — dem Volum nach — unverändert, jene 3 Volthle. aber werden zu $3 \times 1,21 = 3,63$ Volthle. Im Ganzen werden daher $19 + 3 = 22$ Volthle. Luft zu $19 + 3,63 = 22,63$ Volthln. Gase umgewandelt, folglich 1 Volthl. Luft zu $\frac{22,63}{22} = 1,03$ Volthln. Gase.

Praxis noch hinter dem Resultate der Berechnung zurückbleibt. Es ist nämlich nicht ausführbar, die Luftzuströmung in einem Flammofen so zu reguliren, daß alle Luft vollkommen verbrannt wird. Auch bei den besten Verbrennungsvorrichtungen dieser Art strömt gewöhnlich ein größeres Luftquantum hinzu, als zur Verbrennung nöthig ist; in Flammöfen, in welchen oxydirende Processe betrieben werden, ist dies sogar erforderlich. Dieser Umstand muß die Zahl 1,055 natürlich mehr oder weniger herabziehen, das Verhältniß 1 : 1,055 also noch näher an 1 : 1 bringen. — Das von uns bei diesen Betrachtungen zu Grunde gelegte Brennmaterial (95 C, 5 H, 20 $\dot{H}$) hat ungefähr die Zusammensetzung einer gewöhnlichen Steinkohle (s. S. 193); wir wollen jetzt annehmen, daß gedarrtes Holz, aus 50 Gwthln. Kohlenstoff und 50 Gwthln. Wasser bestehend, verbrannt würde. Die Berechnung ergiebt, daß das Volum der dazu nöthigen Luft sich zu dem Volum der Verbrennungs-Produkte wie 1 : 1,14 verhält. Folglich findet auch hier kein bedeutender Zuwachs statt, und es läßt sich im Allgemeinen annehmen: daß die gasförmigen Produkte eines Brennmaterials nur unerheblich mehr Raum einnehmen, als die zur Verbrennung nöthig gewesene atmosphärische Luft, sobald man nämlich die Ausdehnung durch Temperatur-Erhöhung hierbei außer Acht läßt. Bringen wir dagegen letztere in Rechnung, so gestaltet sich das Verhältniß wesentlich anders. Gesetzt, die mittlere Temperatur in der Esse sey 800° C. (eine über 1000° C. gehende mittlere Temperatur dürfte wohl nicht leicht in der Esse eines Flammofens stattfinden). Durch eine Erwärmung bis auf 800° C. vermehrt 1 Volthl. der gasförmigen Verbrennungs-Produkte sein Volum in dem Verhältnisse von $1 : 800 \times 0{,}003665 = 1 : 3{,}932$, also sehr nahe von 1 : 4. Bei einer mittleren Essen-Temperatur von 300° C. ist die Volumvermehrung $= 1 : 300 \times 0{,}003665 = 1 : 2{,}0995$, also annähernd $= 1 : 2$. Für ersteren Fall müßte daher, wenn der Gasstrom in der Esse dieselbe Geschwindigkeit besitzen sollte, wie der Luftstrom in der Eintritts-Oeffnung, der Essen-Querschnitt 4mal, für den zweiten Fall 2mal so groß seyn als jene Oeffnung. Letztere ist nun aber bei keinem Flammofen, wie wir annahmen, in ungetheilter Gestalt vorhanden, sondern wird durch die verschiedenen — durch die Roststäbe von einander getrennten — schmalen Rostöffnungen repräsentirt, welche dem Eindringen der Luft einen bedeutend größeren Widerstand entgegensetzen. Um die deprimirende Wirkung des letzteren auf die einströmende Luftmenge zu beseitigen, müssen die gesammten Rostöffnungen um ein Entsprechendes vergrößert werden; anstatt der Verhältnisse 1 : 4 und 1 : 2 müssen also die Verhältnisse $1 + x : 4$ und $1 + x : 2$ stattfinden. Allein die Verbrennungsluft muß nicht bloß durch die Rostöffnungen, sondern auch durch die auf dem Roste befindliche Brennmaterialschicht dringen, was eine abermalige, weit beträcht-

lichere Vergrößerung des sich ihr bietenden Widerstandes verursacht. Zu einer selbst nur annäherungsweisen Berechnung dieses Widerstandes fehlen alle Daten; wir müssen uns daher ausschließlich an die Erfahrung halten Dieselbe hat nun gelehrt, daß das vortheilhafteste Verhältniß zwischen dem Flächeninhalte der gesammten Rostöffnungen und dem des Essenquerschnittes meist zwischen 1 : 1 und 2 : 1 liegt. Ob man sich bei der Anlegung eines Flammofens mehr dem Verhältnisse 1 : 1 oder dem anderen 2 : 1 anzunähern habe, ist von mancherlei Umständen abhängig, wie z. B. von der im Ofen zu erzeugenden Temperatur, von der Art des darin vorzunehmenden Processes (reducirend, oxydirend oder nur erhitzend), von der Art des Brennmaterials (je nachdem dasselbe durch die Form seiner Stücke, durch seinen Aschengehalt u. s. w. dem Luftzuge mehr oder weniger Widerstand leistet), von der Höhe der den Rost bedeckenden Brennmaterialschicht u. s. w.

Erfahrungsmäß. Verhält. zwischen Essen-Querschnitt u. Rostöffnung.

Das gewöhnlichste Verhältniß des Flächeninhaltes der gesammten Rostöffnungen zu dem Flächeninhalte des ganzen Rostes liegt zwischen 1 : 3 und 1 : 4; selten größer als : 4, mitunter aber kleiner als : 3. Auch die nähere Bestimmung dieses Verhältnisses hängt von verschiedenen Umständen ab.

Erfahrungsmäß. Verhält. zwischen Rostfläche und Rostöffnung.

Nicht während aller Perioden eines in einem Flammofen ausgeführten Processes wird ein gleich starker Luftzutritt erfordert; man muß daher Mittel in den Händen haben, den Zug beliebig modificiren zu können. Zu den Vorrichtungen, welche zur Erreichung dieses Zweckes dienen, gehören besonders 1) eine am Eingange des Aschenfalls angebrachte Thür oder ein hier angebrachter, den Luftzutritt regulirender Schieber, 2) ein in der Esse oder im Fuchse befindlicher Schieber, 3) eine Essenklappe, durch welche die obere Essenmündung mehr oder weniger gesperrt werden kann.

Zug-Modificirung.

Da jeder unnöthige Luftzutritt in das Innere eines Flammofens die Temperatur in demselben erniedrigt, so dürfen keine Maaßregeln, welche zur Vermeidung eines solchen dienen können, außer Acht gelassen werden. In dieser Beziehung ist besonders zu erstreben, 1) vollkommene Dichtheit der Ofen- und Essenwände, 2) möglichste Kleinheit der Arbeits- und Schüröffnungen und Vermeidung eines unnöthigen Offenstehens derselben, 3) stetes und gleichförmiges Bedeckthalten des Rostes mit Brennmaterial.

Vermeid. unnöth. Luftzutritts.

In einem Flammofen, aus dessen Esse Rauch austritt, findet keine vollkommene Verbrennung statt. Durch einen zweckmäßig geleiteten und vertheilten Luftzug läßt sich dies verhindern. (Lefroy, Mémoire sur les fourneaux fumivores; Ann. des mines, 3ième série t. 3, p. 665.) Auch dürfte es von Nutzen seyn, oberhalb der Feuerbrücke eines Flammofens auf ähnliche Weise durch ein Gebläse Luft einzublasen, wie dies bei An-

Zweckmäß. Vertheil. des Zuges.

wendung gasförmiger Brennmaterialien geschieht. Man sehe hierüber das folgende Kapitel.

Doppelte Essenwände.

Bereits in dem von den Essen handelnden Abschnitte ist darauf aufmerksam gemacht worden, von welchem Einflusse es für die Hervorbringung eines lebhaften Zuges sey, daß der in der Esse aufsteigende heiße Gasstrom möglichst wenig durch die Essenwände abgekühlt werde. In dieser Beziehung hat Cubitt (Berg- und hüttenmännische Zeitung, Bd. V, S. 913) Essen mit doppelten Mauern empfohlen.

VI. Von der Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials.

In diesem Abschnitte wollen wir die Frage zu beantworten suchen: welche von den gewöhnlichen — festen und gasförmigen — Brennmaterialien in den verschiedenen Arten der Oefen (Heerd-, Schacht-, Flamm- oder Gefäßöfen) anzuwenden seyen, wenn es sich sowohl um die Erreichung als vortheilhafteste Benutzung eines möglichst hohen Wärme-Effektes handelt?

Zweckmäßigstes Brennmat. für Heerdöfen.

Was zuerst die Heerdöfen betrifft, so stellen sich für diese unzweifelhaft die verkohlten Brennmaterialien, besonders Holzkohle und Kohk, als die vortheilhaftesten in der gedachten Beziehung heraus. Bei der Anwendung unverkohlter Brennmaterialien würde man, wegen des niedrigeren pyrometrischen Wärme-Effektes derselben, keine so hohe Temperatur erreichen können. Auch die bestmögliche Benutzung des in einem Heerdofen erzeugten Wärme-Quantums und Wärme-Grades würde bei den flammbaren Brennmaterialien (s. S. 137) größere Schwierigkeiten darbieten als bei den verkohlten. — Welchen von diesen beiden, für die Heerdöfen geeignetsten Brennmaterialien, Holzkohle oder Kohk, in gewissen Fällen der Vorzug zu geben sey, wird meist durch ökonomische Verhältnisse bedingt, oft aber auch durch Rücksichten auf den im Heerdofen auszuführenden metallurgischen Proceß, indem sich z. B. die Kohks, wegen ihrer gewöhnlichen Verunreinigung durch schwefelhaltige Substanzen, weit weniger zum Eisenfrischen eignen als Holzkohlen. Handelt es sich dagegen ausschließlich um die Erzeugung des größtmöglichen Hitzgrades, so würde man den Kohks den Vorzug vor den Holzkohlen geben müssen. Zwar sind die Temperaturen, welche bei der Verbrennung eines Kohkspartikels und eines Kohlepartikels entstehen — vorausgesetzt, daß beide gleichen Aschengehalt besitzen — gewiß einander gleich, allein die Verhältnisse, unter denen größere Mengen dieser Brennmaterialien in einem Heerdofen verbrennen, bedingen hierin einen Unterschied. Dies lehrt sowohl Erfahrung als Theo-

rie. Denken wir uns zwei gleichgroße Heerdöfen, den einen mit Holzkohlen und den anderen mit demselben Volum Kohks angefüllt, und in jeden ein Gebläseluftstrom von zweckmäßiger Pressung einströmend. Die Holzkohlen werden, unter sonst gleichen Umständen, weit früher verbrannt seyn als die Kohks, einestheils weil dieselben eine bedeutend geringere Gewichtsmenge Kohlenstoff enthalten als ein gleiches Volum Kohks, anderentheils weil sie eine größere Porosität besitzen. Der mit Holzkohle gespeiste Heerdofen wird also, während eines längeren Betriebes, eines öfteren Nachfüllens von Brennmaterial bedürfen als der mit Kohk gespeiste. Dieses längere Verweilen der Kohks im erhitzten Ofenraume wird aber zur Folge haben, daß dieselben, noch ehe sie zur vollständigen Verbrennung gelangen, durch Vorwärmung (s. den Abschnitt: von den Vorwärmungs-Vorrichtungen für das Brennmaterial und die Verbrennungsluft) eine höhere Temperatur erreichen als die Holzkohlen. Ferner aber trägt zu dem größeren Wärme-Effekt der Kohks in einem Heerdofen auch der Umstand bei, daß sich zwischen den einzelnen Stücken derselben, durch Ausbrennung mittelst der Gebläseluft, nicht so leicht hohle Räume bilden, als bei den leicht verbrennlichen und schnell weggezehrten Holzkohlen. Diese leeren Stellen vermindern die Menge der innerhalb eines gegebenen Raumes und während einer gewissen Zeit verbrennenden Kohlenpartikel und veranlassen dadurch eine Erniedrigung der mittleren Temperatur, im Heerdofen (s. S. 395.). Zu berücksichtigen ist aber bei dieser, sich von zwei Seiten her als vortheilhaft ergebenden Wirkung der Kohks, daß dieselbe durch einen hohen Aschengehalt herabgezogen wird. — Auf die Nothwendigkeit, die Kohks mit einem beträchtlich stärker gepreßten Winde zu verbrennen als die Holzkohlen, ist schon früher (s. S. 445) hingewiesen worden. Bei Anwendung eines Windes von schwacher Pressung dürfte man durch schwere und dichte Kohks in einem Heerdofen kaum einen größeren Hitzgrad erzeugen, als bei Anwendung eines gleichgepreßten Windes durch Holzkohlen.

Zweckmäßigstes Brennmat. für Schachtöfen.

Bei den Schachtöfen ergeben sich hinsichtlich des für sie geeignetsten Brennmaterials im Allgemeinen dieselben Resultate wie bei den Heerdöfen, jedoch mit dem Unterschiede, daß die für die Heerdöfen gänzlich zu verwerfende Anwendung von unverkohlten Brennmaterialien in den Schachtöfen unter gewissen Umständen von Nutzen seyn kann. Während der beiden letzten Decennien hat man zahlreiche Versuche darüber angestellt, die zum Schachtofen- (besonders Eisenhohofen-) Betriebe verwendeten Holzkohlen und Kohks theilweise durch Rothkohle (charbon roux), gedarrtes Holz, lufttrockenes Holz und Steinkohle zu ersetzen *); und eine nicht geringe

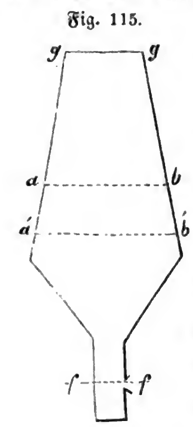
*) Bereits in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts wurden einige Ver-

Anzahl der Metallurgen hat sich in Folge dieser Versuche dafür entschieden, daß diese Anwendung halb verkohlter, gedarrter und unverkohlter Brennmaterialien mit ökonomischem Vortheile verbunden sey. Suchen wir daher zu ermitteln, worin der Grund hiervon liegt.

Warum Holz, Torf, Steinkohle u. s. w. vortheilhaft in Schachtöfen.

In jedem Schachtofen wird das schichtweise zwischen der eigentlichen Beschickung (dem Erzsatze) vertheilt liegende Brennmaterial während seines Niederganges von der Gicht zum Form-Niveau allmälig in Zonen von erhöhter Temperatur geführt und dadurch einer steigenden Erhitzung ausgesetzt. Während sich das Brennmaterial (Holzkohle oder Kohk) an der Gicht in einem nur wenig erhitzten Zustande befindet, wird dasselbe in tiefer liegenden Schichten der Rothgluth ausgesetzt und gelangt endlich bei der Form in einen weißglühenden Zustand. In nebenstehender Figur,

Fig. 115.



den senkrechten Durchschnitt eines Hohofenschachtes darstellend, bezeichne $a\,b$ die obere Grenze derjenigen Zone, in welcher, bei einem Betriebe mit Holzkohlen, lebhafte Rothgluth stattfindet. Wir wollen nun annehmen, man ersetze einen gewissen Theil des zum Betriebe dieses Hohofens nöthigen Holzkohlen-Quantums durch lufttrockenes Holz, und zwar in dem Maaße, daß die davon angewendete Quantität, wenn man sie einer gewöhnlichen Meilerverkohlung unterwürfe, eine Kohlenmenge liefern würde, welche der am Kohlensatze abgebrochenen Quantität genau entspricht. Indem ein solches Gemenge von Holzkohle und Holz von der Gicht $g\,g$ bis zum Form-Niveau $f\,f$ niedergeht, wird das in ihm vorhandene Holz allmälig verkohlt, so daß dasselbe, wenn es in die Zone der lebhaften Rothgluth gelangt, nunmehr vollkommen in Kohle umgewandelt ist. Es fragt sich jetzt zuvörderst: wird die Zone der lebhaften Rothgluth bei Anwendung eines Gemenges von Holzkohle und Holz dieselbe Lage im Ofenschachte haben, als bei Anwendung von bloßer Holzkohle? Diese Frage ist unzweifelhaft zu verneinen. Durch die bei der

---

suche hierüber angestellt; doch scheint das allgemeinere Interesse für diesen Gegenstand hauptsächlich erst durch die Berichte der Herren v. Butenieff (Ann. d. mines, 3ième série, t. 4, p. 151), Combes und Berthier (l. c., t. 6, p. 461), und Chevalier (l. c., t. 9, p. 155) erweckt worden zu seyn. Der zuerst citirte Aufsatz betrifft die Anwendung des Holzes auf den Russischen Eisenhütten Sambeul und Petrozawotsk, der zweite dasselbe im Hohofen zu Plons in St. Gallen und der dritte auf den Nordamerikanischen Hüttenwerken bei Westpoint und Stockbridge.

Verkohlung des Holzes entweichenden Dämpfe und Gase wird ein großer Theil derjenigen Wärme, welche bei Anwendung bloßer Holzkohle zur Erhitzung der letzteren dienen würde, aus dem Ofen entführt und dadurch eine Temperatur-Erniedrigung hervorgebracht, welche sich, beim allmäligen Niedergehen der Erz- und Brennmaterialschichten, bis in die untersten Theile der ganzen Beschickungssäule fortpflanzt. Unter solchen Umständen kann folglich das Rothglühen des Erzes und Brennmaterials erst in einem tiefer als ab liegenden Niveau, etwa bei a' b' eintreten. Zunächst oberhalb a' b' befindet sich also eine noch nicht ganz fertige Kohle, aus welcher die erhöhte Temperatur noch fortwährend Gase austreibt, weiter nach oben ist die Verkohlung noch weniger vorgeschritten, und in der Gegend der Gicht hat sie kaum ihren Anfang genommen. Unterhalb der Linie a' b' ist dagegen alle Verkohlung beendet, und nur vollkommen ausgeglühte Kohle anzutreffen. Es fragt sich jetzt ferner: sind in einer zunächst unter a' b' befindlichen Kohlenschicht dem Gewichte nach eben so viel Kohlen vorhanden, als in einer solchen Schicht (bei Anwendung bloßer Holzkohle) unter ab? Auch dies muß — trotz unserer obigen Annahme hinsichtlich des durch Holz ersetzten Kohlenquantums — verneint werden. Das zugleich mit den Kohlen aufgegebene Holz ist nämlich bei seinem langsamen Niedersinken im Schachtraume einer sehr allmäligen Verkohlung ohne Luftzutritt ausgesetzt gewesen, so daß sich wohl erwarten läßt, es sey daraus eine nicht unbeträchtlich größere Gewichtsmenge Kohle erfolgt, als mittelst gewöhnlicher Meilerverkohlung daraus zu gewinnen möglich gewesen wäre. Die Holzkohlenschicht zunächst unter $a'b'$ enthält also eine größere Gewichtsmenge Kohlenstoff als die zunächst unter ab. Während aber letztere tiefer niedersinkt und dadurch in das Niveau $a'b'$ gelangt, nimmt sie auf diesem Wege noch fortwährend an Gewicht ab; denn sie wird, im lebhaft rothglühenden Zustande, unausgesetzt von einem kohlensäurehaltigen Gasgemenge durchstrichen, welches derselben — durch theilweise Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd — einen Theil ihres Kohlenstoffs entführt. Dieser durch zwiefache Ursache bedingte Gewichtsunterschied zweier Holzkohlenschichten, welche sich in gleichem Niveau, aber in zwei verschiedenen Hohöfen befinden, von denen der eine mit Holzkohle, der andere mit Holzkohle und Holz betrieben wird, setzt sich natürlich bis in die Formgegend fort und bewirkt, daß bei dem mit Holzkohle und Holz betriebenen Ofen eine verhältnißmäßig größere Gewichtsmenge Kohlenstoff in den eigentlichen Schmelzraum, also zur nutzbaren Verbrennung gelangt, als in dem mit bloßer Holzkohle betriebenen. Hierin liegt ein unzweifelhafter, auf größeren Wärme-Effekt hinwirkender Vortheil der Anwendung des unverkohlten oder unvollständig verkohlten Holzes.

Beeinträchtigung und

Dieser Vortheil wird jedoch wahrscheinlich dadurch etwas beeinträchtigt, daß das Brennmaterial in einem mit Holzkohle und Holz betriebenen Ofen wohl nicht ganz so gut vorgewärmt (s. S. 475) wird, als dies bei Anwendung von bloßer Holzkohle der Fall ist; denn in dem Niveau $a' b'$, wo bei ersterem die Rothgluth eintritt, ist bei letzterem Ofen (dessen Rothgluth-Zone bei $a b$ liegt) bereits ein höherer Hitzgrad vorhanden. Die in den respektiven Schmelzräumen verbrennenden Kohlen sind daher in ersterem unmittelbar vor der Verbrennung, nicht ganz so stark erhitzt als in letzterem. Eine erhebliche Beeinträchtigung jenes Vortheils wird jedoch, wenn man den nicht sehr bedeutenden Effekt der Vorwärmung überhaupt berücksichtigt, hierdurch gewiß nicht bewirkt. Ueberdies aber wird diese Beeinträchtigung durch folgenden, sich ebenfalls an die Anwendung des Holzes knüpfenden Vortheil theilweise wieder aufgehoben.

Erhöhung dieses Vortheils.

Die Reduktion der Eisenerze im Hohofen ist bekanntlich eine Wirkung des im Schachte aufsteigenden erhitzten Gasgemenges, welches hauptsächlich aus Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff und Wasserstoff besteht, und dessen reducirende Eigenschaft auf seinen Gehalt an den drei letztgenannten Gasen beruht. Das Kohlenoxyd wird hierbei durch den Sauerstoff des Erzes in Kohlensäure, der Kohlenwasserstoff auf gleiche Weise in Kohlensäure und Wasser und der Wasserstoff in Wasser umgewandelt. Man kann also diesen Proceß auch als einen oxydirenden betrachten: die genannten Gase werden durch den Sauerstoff des Erzes verbrannt. Daß bei dieser Verbrennung Wärme entwickelt wird, ist gewiß; zugleich aber unterliegt es keinem Zweifel, daß die Menge dieser Wärme eine ungleich geringere ist, als die bei der Verbrennung jener Gase in atmosphärischer Luft entwickelte. Es scheint ausgemacht zu seyn, daß die durch chemische Verbindung zweier Körper frei werdende Wärme bei der Aufhebung dieser Verbindung wieder gebunden wird. Durch Oxydation des metallischen Eisens in atmosphärischer Luft bei erhöhter Temperatur wird eine gewisse Wärmemenge frei, welche die Erscheinung des Verbrennens beim Eisen hervorbringt; durch Reduktion des oxydirten Eisens, also durch die Aufhebung seiner Verbindung mit Sauerstoff, wird — aller Wahrscheinlichkeit nach — dieselbe Wärmemenge absorbirt. Wenn also z. B. Wasserstoff auf Kosten des im Eisenoxyde enthaltenen Sauerstoffs verbrennt — d. h. wenn Eisenoxyd durch Wasserstoff reducirt wird — so kann die hierbei entbundene Wärme nur gleich der Differenz zwischen der durch Verbrennung des Wasserstoffs zu Wasser und der durch Verbrennung des Eisens zu Eisenoxyd erzeugten (geringeren) Wärmemenge seyn. Ein gleiches Verhältniß findet bei den anderen reducirenden Gasen statt. So wenig aber gleiche Gewichtsmengen dieser Gase in atmosphärischer Luft gleiche Wärmemengen hervorbringen, eben so wenig wird dies

bei ihrer Verbrennung durch den Sauerstoff des Eisenoxydes oder irgend eines anderen Oxydes der Fall seyn; 1 Gwthl. Wasserstoff wird hierbei eine größere Wärmemenge entwickeln als 1 Gwthl. Kohlenwasserstoff, und 1 Gwthl. Kohlenwasserstoff eine größere als 1 Gwthl. Kohlenoxyd. Das Ergebniß dieser Betrachtungen läßt sich folgendermaßen zusammenfassen. Bei jedem in einem Schachtofen vor sich gehenden Reduktionsprocesse mittelst der reducirenden Gase, findet eine — wenn auch nur geringe — Wärmeentwickelung statt, welche um so größer ist, je mehr Wasserstoff und Kohlenwasserstoff sich in dem reducirenden Gasgemenge befinden. Durch die Zerlegung der bei der trockenen Destillation des Holzes gebildeten Gase ist es aber erwiesen, daß dieselben eine beträchtliche Quantität Wasserstoff und Kohlenwasserstoff enthalten, und zwar eine relativ beträchtlichere als die Gichtgase eines mit Holzkohle betriebenen Hohofens. In einem solchen Ofen werden folglich die Gichtgase einen geringeren relativen Gehalt an Wasserstoff und Kohlenwasserstoff besitzen, als in einem mit Holzkohle und Holz betriebenen, und es wird hierdurch bei der Reduktion des Erzes in letzterem wahrscheinlich eine etwas größere Wärmemenge frei als in ersterem.

Grenzen d. Anwend. v. Holz, Steinkohle u. s. w. in Schachtöfen.

Der Vortheil bei der Anwendung unverkohlter oder unvollkommen verkohlter Brennmaterialien zum Schachtofenbetriebe dürfte seinen Grund also wohl hauptsächlich in der verhältnißmäßig größeren Kohlenmenge haben, welche hierbei, im Vergleich mit der Anwendung bloßer Holzkohle oder Kohk, zur nutzbaren Verbrennung gelangt. Daraus folgt, daß dieser Vortheil mit der relativen Menge dieser Brennmaterialien wächst, und daß derselbe am größten seyn muß, wenn man sämmtliche Holzkohle und Kohk durch unverkohlte oder unvollkommen verkohlte Brennmaterialien ersetzt. In der praktischen Ausführung stellen sich jedoch einer so ausgedehnten Anwendung der letzteren sehr große, zum Theil wohl unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Besonders ist dies bei der Anwendung des lufttrockenen Holzes der Fall. Zunächst ist der Umstand, daß das lufttrockene Holz durch die Verkohlung etwa um 50 Proc. schwindet (s. S. 238), hierbei von großem Einflusse. Die Verkohlung des im Schachte niedergehenden Holzes findet nämlich keineswegs so gleichmäßig statt, daß jedes Niveau im Schachtraume einer bestimmten Verkohlungsstufe entspricht; denn der von unten aufsteigende heiße Gasstrom, welcher die Verkohlung bewirkt, trifft auf seinem Wege durch die Beschickungssäule nicht überall auf gleiche Schwierigkeiten, verfolgt also vorzugsweise solche Richtungen, in denen ihm die zufällige Vertheilung und Größe der Zwischenräume den leichtesten Durchzug gestattet. An allen diesen, vom heißen Gasstrome vorzugsweise durchstrichenen Stellen macht die Verkohlung und das damit verbundene Schwinden des Holzes schnellere Fortschritte als an anderen;

Nachtheile wegen Schwinden d. Holzes und

die Zwischenräume gewinnen dadurch an Größe, und veranlassen entweder ein Durchpulvern des Erzes, oder ein noch entschiedeneres Empordringen der Gase in den Richtungen des geringsten Widerstandes. In Folge dieser ungleichen Volum-Verminderung entsteht ein unregelmäßiger Niedergang der Gichten (abwechselnden Brennmaterial- und Erz-Schichten). Die anfängliche Anordnung des Brennmaterials und Erzes in horizontalen Schichten wird gestört; an einigen Stellen mengen sich Brennmaterial und Erz, an anderen bilden sich Anhäufungen von jedem einzelnen derselben. Es kommt daher vor, daß zu einer Zeit fast ausschließlich Kohle, zu einer anderen fast ausschließlich Erz vor die Form gelangt und hier der Einwirkung der Gebläseluft ausgesetzt wird. Die Folge davon ist ein abwechselndes Heiß- und Kaltgehen des Ofens; bald wird im Schmelzraume eine große Wärmemenge entwickelt und dadurch ein überaus rasches Niedergehen der Gichten bewirkt, bald tritt fast ein gänzliches Kaltblasen und Stocken des Ofenganges ein. Während ersteres geschieht, kommt es nicht selten vor, daß sich die Beschickung in der Rostgegend gewölbeartig zusammensetzt und auf diese Weise die Bildung eines hohlen Raumes verursacht. Solche Höhlungen können zuweilen eine beträchtliche Größe erreichen, bis sie plötzlich wieder von der Beschickung ausgefüllt werden. Hierdurch entsteht ein ruckweises Niedergehen der Gichten, welches mit einer vermehrten Gichtgas-Entwicklung oder auch mit dem plötzlichen Entweichen einer großen Gasmenge aus dem Heerde verbunden zu seyn pflegt. Ein solches Rücken der Gichten, wenn es bedeutend ist und sich öfter wiederholt, bringt die schichtenweise Vertheilung des Erzes und Brennmaterials gänzlich in Unordnung, und es folgt nicht selten jene Periode des Kaltblasens darauf, welche ihren Grund in der Anhäufung von Erz und Schlacke vor der Form hat. Indem aber die Gebläseluft unter diesen Umständen bei ihrem Eintritt in den Ofen keine hinreichende Kohlenmenge findet, gelangt sie nicht sogleich zur vollständigen Verbrennung, sondern es bildet sich ein Gasgemenge mit freiem Sauerstoffgehalt. Währt die Periode des Kaltblasens lange, so vermehrt sich dieses Gasgemenge, es dringt bis in die oberen Schachtregionen vor, und sein relativer Gehalt an Sauerstoff nimmt endlich in dem Maaße zu, daß es bei einer gewissen Temperatur entzündlich wird. Von solchen explosiblen Gasgemengen, deren Bildung mitunter vielleicht auch noch durch andere Verhältnisse herbeigeführt werden mag, scheinen die zuweilen überaus heftigen und gefährlichen Explosionen herzurühren, welche sich bei einer nicht geringen Anzahl der theilweise mit unverkohlten oder halb verkohlten Brennmaterialien betriebenen Hohöfen eingestellt haben. Sauvage (Ann. d. mines, 3ième série, t. 19, p. 167) hat uns einen interessanten Bericht über 5 solche Explosionen erstattet, welche sich innerhalb dreier Jahre bei vier Hohöfen in dem Departement der Ardennen

wegen anderer Ursachen.

— woselbst die Anwendung des gedarrten Holzes und der Rothkohle vorzugsweise gebräuchlich ist — ereigneten. Aber auch bei der Anwendung von Steinkohlen (Sinterkohlen) zum Hohofenbetriebe sind Explosionen vorgekommen. Hier konnten sie natürlich nicht ganz auf die vorgeschriebene Weise veranlaßt werden, denn die Sinterkohlen verändern ihr Volum bei der Verkohlung gewöhnlich nur unbedeutend; jedenfalls jedoch dürften sie durch die Bildung explosibler Gasgemenge herbeigeführt worden seyn. Die Bildung derselben kann, bei länger fortgesetzten Unordnungen im Ofengange, sogar in solchen Hohöfen stattfinden, die mit bloßer Holzkohle betrieben werden. Dies beweist unter anderen ein Fall, über welchen G. de Nerville (l. c., p. 179) berichtet. Unregelmäßiger Schmelzganz ist also die zunächst liegende Ursache der Explosionen; die Möglichkeit ihrer Entstehung wird aber bei den mit unverkohlten und halb verkohlten Brennmaterialien betriebenen Hohöfen theils durch das leichtere Eintreten eines solchen Schmelzganges, theils durch die sehr beträchtliche Menge der bei der Verkohlung entwickelten brennbaren Gase, in hohem Grade vermehrt.

Die feststehende Thatsache, daß man bei einem Ofenbetriebe mit unverkohlten und halb verkohlten Brennmaterialien dem Eintreten eines unregelmäßigen Schmelzganges und allen daraus folgenden Uebelständen — zu denen die Explosionen nicht allein gehören — weit mehr ausgesetzt ist, als bei einem Betriebe mit verkohlten Brennmaterialien, muß natürlich die Anwendung der ersteren und die daraus hervorgehenden Vortheile sehr beeinträchtigen. In Betreff dieser beschränkten Anwendung wollen wir aus den bis jetzt hierüber gemachten Erfahrungen einige der wichtigsten Daten entlehnen.

Beispiele a. d. Praxis f. d. Anwend. d. Holzes u. der Rothkohle in Schachtöfen.

Der Gebrauch des lufttrockenen und gedarrten Holzes, besonders des ersteren, ist mit weit größerer Gefahr verbunden, als der der Rothkohle. Der Grund davon ergiebt sich aus dem bereits Gesagten; er liegt in dem verschiedenen Grade des Schwindens. Während man von lufttrocknem Holz, nach dem wirklichen Volum (s. S. 237), etwa 40 — 50 Proc. Schwarzkohle (nach dem Gemäß-Volum durchschnittlich 60 Proc.) erhält, liefert ein solches Holz ungefähr 60 Proc. Rothkohle (nach dem Gemäß-Volum 70 — 80 Proc.). Die Verminderung des wirklichen Volums, welche eintritt, indem sich lufttrockenes Holz in Schwarzkohle umwandelt, beträgt also 50 — 60 Proc., während diese Verminderung bei der Umwandlung der Rothkohle in Schwarzkohle nur ungefähr 20 — 30 Proc. ausmacht. — Auf dem Französischen Eisenhüttenwerke Haraucourt im Departement der Ardennen (Sauvage in Ann. d. mines, 3ième série, t. 11, p. 527) wendete man anfänglich ein aus ungefähr 0,4 Volthl. Schwarzkohle und 0,6 Volthl. Rothkohle bestehendes Gemenge an, und stieg allmälig mit dem Zusatze der letzteren, bis das Gemenge aus 0,23 Volthl. Schwarzkohle und

0,77 Volthl. Rothkohle bestand. Diese Anwendung der Rothkohle hat sich, wie Koch (Stud. d. Götting. Vereins Bd. 4, S. 390) berichtet, während $3^1/_2$ Jahr (spätere Nachrichten mangeln) als vortheilhaft erwiesen. Bei dem Hohofen zu Fade in demselben Departement bediente man sich (Koch, a. a. O., S. 384) eines Gemenges aus 0,2 Volthl. Schwarzkohle, 0,6 Volthl. einer lichten Rothkohle*) und 0,2 Volthl. lufttrockenes Holz, welches Verhältniß man im Laufe eines Jahres zu 0,17 Volthl. Schwarzkohle und 0,83 Volthl. gedarrtes Holz veränderte. Hierdurch entstand jedoch ein sehr unregelmäßiger Schmelzgang, welcher zuletzt eine heftige Explosion herbeiführte. Dasselbe ereignete sich auf dem benachbarten Eisenhüttenwerke de la Commune, woselbst man sich eines Gemenges von gleicher Zusammensetzung bediente. — Nach Karsten kann man, ohne bei übrigens vorsichtigem Betriebe Unordnungen im Ofengange befürchten zu brauchen, etwa 0,4 des Holzkohlen-Quantums durch lufttrockenes Holz ersetzen. Der Erfahrung zufolge leistet aber 1 Gwthl. Kohle (Schwarzkohle) im Hohofen eben so viel wie 2,5 Gwthle. Holz**) und 1 Volthl. Kohle so viel wie 1,1 Volthle. lufttrockenes Holz. Dem Gewichte nach würden also jene 0,4 Kohle durch $0{,}4 \times 2{,}5 = 1$ Gwthl. lufttrockenes Holz zu ersetzen seyn, und das so gemengte Brennmaterial würde aus 0,6 Gwthl. Kohle und 1 Gwthl. lufttrockenem Holz, d. h.

$^3/_8$ Gwthl. Holzkohle und
$^5/_8$ Gwthl. lufttrockenes Holz

bestehen. Dem Volum nach hätte man dagegen für 0,4 Volthl. Kohle 0,44 Volthl. lufttrockenes Holz zu substituiren, welches nicht sehr von

---

*) Die Gewinnung dieser Rothkohle geschieht in einem Apparate von eigenthümlicher Construktion, welchen Koch a. a. O., S. 388 — 390 beschreibt. Im Niveau der Gicht sind 20 neben einander liegende Darrkammern aufgemauert, durch deren mit Oeffnungen versehenen Boden die Gichtflamme eindringt. In jeder Kammer befindet sich eine Eisenbahn, auf welcher ein leichter eiserner Wagen eingeschoben wird, der einen um eine horizontale Achse beweglichen Darrcylinder trägt. Ein solcher Cylinder ist aus starkem Eisenblech construirt, 4 Fuß lang und 20 Zoll im Lichten weit. An seiner verlängerten Achse ist ein Rädchen angebracht. Alle diese 20 Rädchen der 20 Cylinder und mit ihnen die Cylinder selbst, werden durch ein einfaches Rädersystem in eine langsam rotirende Bewegung versetzt, was die gleichmäßige Darrung der in den Cylindern befindlichen Holzstücke sehr befördert. Die theilweise Verkohlung des Holzes geschieht hier also ganz ähnlich wie das Brennen des Kaffee's in einer Kaffeetrommel. Nach 6 — 8 Stunden wird jeder Wagen herausgezogen, der Cylinder geleert und gleich wieder von Neuem gefüllt.

**) Natürlich wird hierunter dieselbe Holzart verstanden wie die, aus welcher die Kohle dargestellt wurde.

$^3/_5$ Volthl. Holzkohle und
$^2/_5$ Volthl. lufttrockenes Holz

abweicht. Bei der Anwendung des gedarrten Holzes ändern sich diese Verhältnisse in dem Maaße, als das lufttrockene Holz beim Darren an Gewicht und Volum verliert; in diesem Maaße wird weniger davon gebraucht. Auch bei der Rothkohle ist dies annähernd der Fall; jedoch ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Effekt von 100 Volthln. lufttrockenem Holze im Hohofen sich zum Effekte der daraus erzeugten Rothkohle verhält wie 10 : 9 (Bineau in Ann. d. mines, 3ième série, t. 13, p. 309). Daß diese Effekte nicht gleich sind, findet in der oben gegebenen Theorie seine Erklärung. Durchschnittlich kann man rechnen, daß 1 Gwthl. Schwarzkohle durch 2 Gwthle. Rothkohle, und daß 1 Volthl. Schwarzkohle durch 0,8 — 1 Volthl. Rothkohle ersetzt wird. Aus mehreren Beispielen scheint es hervorzugehen, daß man mehr als die Hälfte der Schwarzkohle dem Volum nach durch Rothkohle substituiren kann, sobald man es an der nöthigen Sorgfalt bei der Bereitung der Rothkohle und dem Betriebe des Hohofens nicht fehlen läßt.

Ersparung an Kohle in diesen Fällen.

Die procentale Ersparung an Holzkohle, welche man erreicht, wenn man sich des lufttrockenen oder gedarrten Holzes oder der Rothkohle innerhalb der hier angegebenen Grenzen bedient, läßt sich für einen speciellen Fall leicht berechnen. Angenommen, man habe $^2/_5$ des für einen Hohofen nöthigen Kohlenquantums durch Holz ersetzt, so würde das Gemenge solchenfalls bestehen aus

$^3/_5$ Gwthl. Holzkohle
1 Gwthl. lufttrockenes Holz.

Aus 1 Gwthl. lufttrockenem Holz würde durch die beste Meilerverkohlung kaum mehr als 25 Proc., also $^1/_4$ Gwthl. Schwarzkohle zu gewinnen seyn; da 1 Gwthl. dieses Holzes hier aber $^2/_5$ Gwthl. Kohle ersetzt, so spart man folglich $^2/_5 - ^1/_4 = ^3/_{20}$ Gwthl. oder 15 Proc. desjenigen Kohlenquantums, welches man bei einem Hohofenbetriebe mit bloßer Holzkohle nöthig haben würde.

Allgemeiner ökonomischer Vortheil hierbei.

Die durch Anwendung unverkohlten oder halb verkohlten Holzes herbeigeführte Kohlenersparniß für sich giebt kein vollständiges Bild von dem dadurch erreichten ökonomischen Vortheil, sondern es sind hierbei noch mehrere Umstände zu berücksichtigen, von denen hier nur die wesentlichsten angeführt werden mögen. Man erspart durch diese Anwendung 1) einen beträchtlichen Theil Kohle, 2) die Kosten der Meilerverkohlung; dagegen aber hat man zu tragen 1) die Kosten der Zerkleinerung des Holzes*), 2) die

*) Das Holz wird, am besten mittelst einer Cirkelsäge, in 3 — 4 Zoll lange Stücke von etwa 6 Cub.-Zoll Inhalt zerschnitten. Die zu dicken Stücke

Kosten der Darrung oder Halbverkohlung desselben, im Fall es nicht lufttrocken angewendet wird, 3) den Mehrbetrag der Transport-Kosten, dadurch veranlaßt, daß man das Holz nach der Hütte schaffen muß, während man früher nur die Kohlen dahin zu schaffen brauchte. Bei Hüttenwerken, welche die Meilerplätze ganz in ihrer Nähe haben, kommt der letztere Umstand natürlich wenig oder gar nicht in Betracht. Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß der ökonomische Vortheil zum nicht geringen Theile von lokalen Verhältnissen bedingt wird, und daß derselbe daher auf verschiedenen Hüttenwerken sehr verschieden ausfallen kann. Die Anwendung des unverkohlten oder halb verkohlten Holzes ist folglich nicht so absolut und unbedingt zu empfehlen wie z. B. die Anwendung der erhitzten Gebläseluft bei den Hohöfen, und es ist eben so unrichtig, sie allgemein zu verwerfen, als sie allgemein für vortheilhaft zu erklären.

Anwendung von Torf in Schachtöfen.

Die Anwendung des lufttrockenen Torfes ist auf mehreren Deutschen und Französischen Eisenhüttenwerken versucht worden. Die ersten Versuche dieser Art stellte man bereits zu Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts an *). Im Allgemeinen hat es sich ergeben, daß die Anwendung des Torfes mit noch größeren Schwierigkeiten verknüpft ist, als die des Holzes, und zwar wegen der geringeren Festigkeit der Torfkohle, welche im Hohofenschachte, unter dem Drucke der Beschickungssäule, leicht zerbröckelt und dadurch zu Verstopfungen des Ofens Anlaß giebt. Am wenigsten ist man diesem Uebelstande bei den fetten Torfsorten (Pechtorf, Specktorf) ausgesetzt; diese scheinen auf einigen Hüttenwerken, namentlich auf dem Eisenhüttenwerke Ransko in Böhmen (Delesse in Berg- und hüttenmännischer Zeitung Bd. 2, S. 713) sehr zufriedenstellende Resultate gegeben zu haben. Den Torf vorher zu darren oder bis zu einem gewissen Grade zu verkohlen, ist nicht rathsam, da beim Transporte desselben aus dem Darr- oder Verkohlungsapparate in den Hohofen eine theilweise Zerbröckelung desselben schwer zu vermeiden ist.

---

also von größerem Inhalt, werden durch ein Handbeil zerkleinert. Das Volum des aufgeklafterten Holzes verhält sich zu dem des zerstückten etwa wie 10 : 11.

*) Wegner, Versuche zu Bergen in Bayern über die Anwendbarkeit des Torfes bei Erzeugung des Roheisens in hohen Oefen, mit Zusätzen von v. Moll. In v. Moll's Jahrb. d. Berg- und Hüttenk. Bd. 4, S. 262. — Prevenhuber, über die Eisenstein-Schmelzung mit rohem Torf zu Radmer. In v. Moll's Annalen der Berg- und Hüttenk. Bd. 3, S. 260. — In den Jahren 1805 — 1808 wurden auf Gabriels Hütte bei Rothenhaus in Böhmen gelungene Versuche ausgeführt, mit Holzkohle und Torf Roheisen in Hohöfen zu erzeugen (Balling in Berg- und hüttenm. Zeitg. Bd. 2, S. 832).

In Bezug auf das Pressen des Torfes stellen sich andere Bedenken entgegen, deren schon früher (s. S. 182) gedacht wurde.

Steinkohle und Anthracit in Schachtöfen.

Eine sinternde kohlenstoffreiche **Steinkohle**, welche bei der Verkohlung weder zerbröckelt, noch ihr Volum beträchtlich verändert, kann, eben so wie der **Anthracit**, mit sehr gutem Erfolge beim Hohofenprocesse angewendet werden, wie dies durch den Betrieb vieler Englischer Hohöfen dargethan ist.

Zweckmäßigstes Brennmaterial für Flammöfen.

Als zweckmäßigstes Feuerungsmittel für die **Flammöfen** stellen sich im Allgemeinen die gasförmigen Brennmaterialien heraus *). Der Grund, warum es vortheilhafter ist, sich der aus festen Brennmaterialien erzeugten Gase, als unmittelbar dieser Brennmaterialien selbst zu bedienen, liegt — in Bezug auf Wärme-Effekt — einzig und allein in der vollständigeren Benutzung des Brennstoffs. In keinem Flammofen gewöhnlicher Art ist es möglich, das Brennmaterial durch die nach der Theorie hierzu erforderliche Luftmenge vollständig zu verbrennen. Häufig ist es der Fall, daß die Essengase, wie sich zum Theil durch den Rauch zu erkennen giebt, nicht allein eine beträchtliche Menge unbenutzten Brennstoffs mit sich führen, sondern zugleich auch freien Sauerstoff enthalten. Die durch den Rost eindringenden Ströme der Verbrennungsluft finden nämlich auf ihrem kurzen Wege durch die Brennmaterialschicht und den Ofenraum gewöhnlich nicht hinreichende Gelegenheit, in allen ihren Theilen mit den brennbaren Gasen in Berührung zu treten und ihren Sauerstoff gänzlich zur Verbrennung herzugeben. Wenn aber später, innerhalb der Esse, eine vollkommnere Mengung erfolgt, so tritt nur dann vollständige Verbrennung ein, wenn die in der Esse herrschende Temperatur hoch genug ist, um das aus überwiegend großer Menge nicht brennbarer Gase (Stickstoff, Kohlensäure, Wasserdampf), geringer Menge brennbarer Gase (Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff, Wasserstoff) und wenigem Sauerstoff bestehende Gasgemenge zu entzünden. Das Einströmen der theoretisch erforderlichen Quantität Verbrennungsluft in einen Flammofen ist also in der Regel nicht ausreichend, wenn nicht zugleich dafür gesorgt wird, daß Verbrennungsluft und brennbare Gase sich am rechten Orte hinreichend mit einander mengen. Bei den sogenannten rauchverzehrenden Oefen (**Lefroy**, sur les fourneaux fumivores; Ann. d. mines, 3ième série t. 3, p. 665) hat man dies zu

*) **Karsten** sagt bereits in seiner Eisenhüttenkunde (3te Aufl. 1841) Bd. 3, S. 378: »Ohne Zweifel wird die Erfahrung immer mehr bestätigen, daß die vortheilhafteste Benutzung des Brennmaterials bei desoxydirenden Schmelzarbeiten in Flammöfen und Flammenheerden darin besteht, dasselbe so vollständig als möglich in Kohlenoxydgas umzuändern und dieses in der Temperatur der Glühhitze durch Zuführung von erhitzter atmosphärischer Luft zu verbrennen.«

bewerkstelligen gesucht; am vollständigsten läßt es sich aber offenbar bei den Gas-Flammöfen erreichen.

Von der Darstellungsart der gasförmigen Brennmaterialien ist schon oben, S. 360, die Rede gewesen. Auch wurde angeführt (s. S. 364—368), daß die Anwendung pulverförmiger Brennmaterial-Abfälle zur Darstellung solcher Gase mit Schwierigkeiten verbunden ist. Gedarrtes Holz, gedarrter Torf, eine trockene Braunkohle und nicht backende Steinkohle (Sinterkohle), in nicht zu kleinen Stücken angewendet, sind hierzu vorzugsweise zu empfehlen. Nach Bischof kann man denselben etwa $^1/_8$ ihres Volumens an pulverförmigen Brennmaterial-Abfällen (Kohlenstaub, Torfklein, Sägespäne u. s. w.) zusetzen.

Verbrennungs-Apparate für gasförmige Brennmat.

Zur Feuerung eines Flammofens mittelst Generator-Gase ist ein besonderer Verbrennungs-Apparat nöthig, durch welchen die Gase mit atmosphärischer Luft in die erforderliche Berührung gebracht und zu einer Flamme von gewissen Dimensionen ausgeblasen werden.

Verbr.-Apparat mit Gebläse.

Der älteste Apparat dieser Art ist der von Faber du Faur construirte, dessen man sich zu Wasseralfingen, Neu-Joachimsthal (Delesse in Ann. d. mines, 4ième série, t. 1, p. 433, und Berg- und hüttenmännische Zeitung Bd. 2, S. 697) und auf vielen anderen Hüttenwerken bedient. Die Einrichtung dieses Apparates geht aus Fig. 116, *a*, *b*, *c*, *d* hervor.

Gleiche Buchstaben bedeuten gleiche Theile.

Fig. 116, *a*.

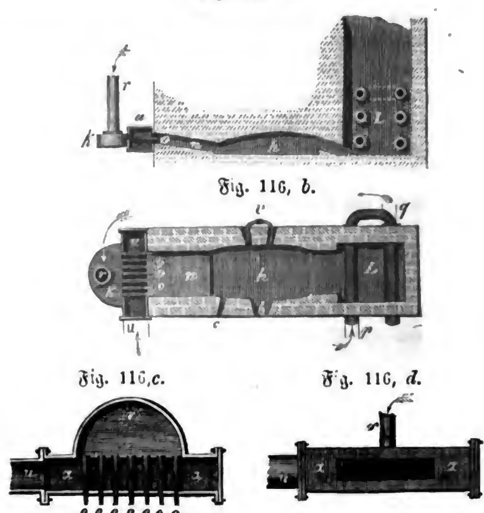


Fig. 116, *b*.

Fig. 116, *c*.

Fig. 116, *d*.

(*c*) und (*d*) stellen den Verbrennungs-Apparat für sich dar, (*c*) im Grundriß, (*d*) in der vorderen Ansicht; in (*a*) und (*b*) ist der mit diesem Verbrennungs-Apparate versehene Flammofen abgebildet, in (*a*) im senkrechten Längendurchschnitt, in (*b*) im horizontalen Querschnitt. Durch die Röhre *u* — siehe (*b*), (*c*) und (*d*) — treten die Gase in den 32 Centim. hohen und breiten gußeisernen Kasten *a*, welcher an seiner vorderen Seite mit einer schmalen, schlitzförmigen Oeffnung — siehe (*d*), zwischen *a* und *a* — versehen ist. Aus letzterer gelangen dieselben durch den Verbrennungsraum *n* in den Flammofen und werden durch die aus 6 bis 7 Düsen *o*, *o*, *o* .... ausströmende erhitzte Gebläseluft theils in jenem Raume, theils auch noch innerhalb des Flammofens verbrannt. Die Düsen, welche 6 Centim. aus dem Schlitz des Kastens hervorragen, erhalten ihren Wind aus dem halb cylindrischen gußeisernen Windkasten *k*, welcher durch das Rohr *r* gespeist wird. Die Erhitzung der Gebläseluft geschieht durch den in der Esse des Flammofens angebrachten Lufterhitzungs-Apparat *L*. Der Zweck der Düsen *v* und der Oeffnung *c* — siehe (*b*) — steht mit der speciellen Anwendung dieses Flammofens (zum Weißen des Roheisens) im Zusammenhang.

Ein Verbrennungs-Apparat von wesentlich anderer Construktion als der hier beschriebene ist von Eck auf der Königshütte in Oberschlesien ausgeführt und angewendet worden. Man sehe hierüber Ann. d. mines, 4ième série, t. 5, p. 505.

Verbr.-Apparat m. natürl. Luftzug.

Apparate, bei denen die Verbrennung der Gase nicht mittelst Gebläseluft, sondern durch natürlichen Luftzug bewirkt wird, hat man ebenfalls mehrfach construirt. Man bedient sich derselben bereits seit einer Reihe von Jahren auf einigen Rheinischen Eisenhüttenwerken*). Bischof (Die indirekte, aber höchste Nutzung der rohen Brennmaterialien u. s. w. Quedlinburg bei Basse, 1848) giebt die Construktion einiger solcher Vorrichtungen an. Ueber die Einrichtung eines besonders zweckmäßigen Apparates dieser Art wird sich später (im 2ten Bande dieses Werkes) Gelegenheit bieten, ein Näheres mitzutheilen. Im Allgemeinen ist man bis jetzt mit der Construktion der Verbrennungs-Apparate mit natürlichem Luftzuge weniger auf dem Reinen, als mit der der anderen. Erstere führen aber auch, hinsichtlich der Regulirung und richtigen Vertheilung der Verbrennungsluft, weit größere Schwierigkeiten mit sich.

Allgem. Regeln f. d. Benutzung gasf. Brennmat.

Bischof, durch dessen Bestrebungen die Anwendung der Generator-Gase in neuerer Zeit vielfach angeregt worden ist, stellt in seiner eben

*) Unter anderen auf der Asbacher Hütte bei Kirn, in der Gegend von Creuznach.

citirten Schrift *) folgende Punkte auf, an deren Beachtung die Bedingungen zur zweckmäßigsten Benutzung der gasförmigen Brennmaterialien geknüpft sind.

1) Gas und Luft müssen möglichst heiß zusammengeführt werden.

2) Das Quantitäts-Verhältniß derselben bedarf einer genauen Regulirung, damit — wenn der metallurgische Proceß nicht etwa das eine oder andere erfordern sollte — weder Gas, noch Luft im Ueberfluß vorhanden ist.

3) Zur möglichst vollständigen Verbrennung wird eine möglichst vollständige Berührung (Mengung) von Luft und Gas erfordert, wonach man bei der Construktion der Verbrennungs-Apparate zu streben hat.

4) Da der vordere — von der Gasquelle entferntere — Theil der Flamme der heißeste ist, indem erst in ihm die vollständige Verbrennung der Gase eingetreten seyn kann, so suche man diesen Theil vorzugsweise zu benutzen.

5) Die Wände des Verbrennungsraumes sind möglichst dicht und aus möglichst schlechten Wärmeleitern herzustellen.

An diese Punkte, welche die wesentlichsten Vorschriften für die Gasfeuerung enthalten, mögen sich hier noch folgende erläuternde Zusätze anschließen.

Ad 1. Es muß dahin gestrebt werden, das Gas auf dem kürzesten Wege aus dem Generator in den Verbrennungsraum zu leiten. Lange Gasleitungen sind stets mit Wärmeverlust verbunden. Auch auf möglichst geringe Wärmeausstrahlung und Wärmeableitung durch die Wände des Generators ist das Augenmerk zu richten; ein Umstand, der nicht selten vernachlässigt wird. Ob die Gase um 100° C. heißer oder kälter in den Verbrennungsraum treten, kann in manchen Fällen von sehr erheblichem Einfluß seyn. Gedarrtes Holz und gedarrter Torf liefern natürlich ein beträchtlich heißeres — und auch bei der späteren Verbrennung mehr Wärme entwickelndes — Gas, als nur lufttrockenes oder gar frisches Brennmaterial. Unter gewissen Umständen könnte vielleicht sogar eine besondere Erhitzung des Gases von Nutzen seyn. Da sich bei den Verbrennungs-Apparaten mit natürlichem Luftzuge keine so starke Erhitzung der Verbrennungsluft bewirken läßt wie bei den Verbrennungs-Apparaten mit Gebläse, so liegt hierin ein Umstand für den geringeren Effekt der ersteren.

*) Man findet darin auch einige Verbesserungen in der Construktion der Generatoren angegeben. Ein Generator mit langem Halse dürfte hierbei besonders Beachtung verdienen.

Ad 2. Die Berechnung der für ein gewisses Gasquantum erforderlichen Menge der Verbrennungsluft, abgesehen von den hiermit verbundenen Schwierigkeiten, würde wenig nützen, indem sich die während einer gewissen Zeit ausströmende Gasmenge nicht mit Sicherheit bestimmen läßt. Bei den Verbrennungs-Apparaten mit natürlichem Luftzuge kommt überdies noch die Unmöglichkeit hinzu, das Quantum der einströmenden Verbrennungsluft mit Genauigkeit zu ermitteln. Es bleibt also nichts übrig, als Vorrichtungen anzubringen, um sowohl die Menge des Gases als die der Gebläseluft beliebig reguliren zu können und den Effekt nach dem Augenschein zu beurtheilen.

Ad 3. Dies läßt sich bei den Verbrennungs-Apparaten mit natürlichem Luftzuge weit schwieriger erreichen, als bei denen mit Gebläse, was einen zweiten Grund für den geringeren Effekt der ersteren abgiebt.

Ad 4. Sehr viel kommt hierbei auf die richtige Weite und besonders Länge des Verbrennungsraumes (*n* in Fig. 116) an. Wenn man der Gasflamme die Beweglichkeit der Löthrohrflamme ertheilen könnte, wäre viel gewonnen. Im Bereiche der Unmöglichkeit liegt dies eben nicht.

Ad 5. Ein Uebelstand bei den Generatoren ist die lange Zeit, welche zu ihrem Anheizen gebraucht wird. So lange die Wände des Generators und des Verbrennungsraumes nicht den gehörigen Hitzgrad erreicht haben, brennen die Gase schlecht und erzeugen wenig Hitze im Ofen. Dieser Umstand empfiehlt die Gasfeuerung nicht für Processe, welche nur von kurzer Dauer sind und nach deren Beendigung man den Ofen erkalten läßt. Auch die nach Beendigung eines solchen Processes im Generator noch vorhandene Quantität Brennmaterial kommt hierbei in Betracht.

Zweckmäßigst. Brennmat. f. Gefäßöfen.

Was endlich die Gefäßöfen anbelangt, so dürfte für einige derselben die Anwendung gasförmiger Brennmaterialien ebenfalls Beachtung verdienen. Bischof berichtet in seiner citirten Schrift, daß die Gasfeuerung mit gutem Erfolge bei einem Glasofen angewendet worden ist. Mit demselben Erfolge würde sie sich also wohl bei den Blaufarbenöfen anbringen lassen*), deren gewöhnliche Einrichtung einen großen Verlust an Brennstoff mit sich führt. Da diese Oefen außerdem gedarrtes oder doch scharf getrocknetes Holz zur gewöhnlichen Feuerung erfordern, so würde das Darren für die Gasfeuerung keine hinzukommende Ausgabe veran-

*) Bei diesen vielleicht um so mehr, als die nachtheilige reducirende Wirkung der Flamme, welcher das Smalteglas bei gewöhnlicher Holz- oder Steinkohlen-Feuerung ausgesetzt ist, bei Gasfeuerung zu vermeiden seyn würde.

lassen. Zugleich aber findet sich bei diesen Oefen Gelegenheit, das Darren des Holzes größtentheils mit Hülfe sonst verloren gehender Hitze zu bewerkstelligen. — Auch der Plattner'sche Wismuthsaigerofen (S. 118) könnte vielleicht vortheilhaft mit Gasfeuerung verbunden werden, und es scheint solchenfalls zweckmäßig, den von Bischof in Fig. 10 seiner citirten Schrift abgebildeten Verbrennungs-Apparat mit natürlichem Luftzuge anzuwenden.

VII. Von gewissen Vorbereitungen des Ofens, des Brennmaterials, der Beschickung und der Verbrennungsluft.

A. Austrocknung des Ofens, des Brennmaterials, der Beschickung und der Verbrennungsluft.

Austrocknung der Heerdöfen, Schachtöfen, Flammöfen.

Austrocknung des Ofens. Jeder neu erbaute oder reparirte Ofen muß, vor seiner eigentlichen Anfeuerung, durch vorsichtiges Anwärmen ausgetrocknet werden, theils um sein Gemäuer vor dem Reißen zu bewahren, theils um zu verhüten, daß während des Betriebes Wasserdämpfe aus demselben entweichen und Wärme entführen. Bei den Heerdöfen geschieht das Austrocknen, nachdem sie zuvor einen gewissen Grad von Lufttrockenheit erlangt haben, gewöhnlich dadurch, daß man sie mit todten Kohlen anfüllt und diese von oben in Brand setzt. — Das Austrocknen neu erbauter Schachtöfen, besonders der Eisenhohöfen, erfordert dagegen sehr viel Zeit und Vorsicht. Je nach der Jahreszeit pflegt es 4—6 Wochen, zuweilen noch länger zu dauern, wobei diejenige Zeit, etwa 2—3 Wochen, welche das Gemäuer zur Erlangung der Lufttrockenheit gebraucht, nicht mitgerechnet ist. Die speciellen Vorschriften für die Austrocknung der Schachtöfen, die überdies für die einzelnen Arten derselben verschieden sind, würde uns in ein Detail führen, welches außerhalb der Grenzen dieses Lehrbuches liegt. Einige Regeln für das Austrocknen der Hohöfen findet man in Le Blanc's und Walter's praktischer Eisenhüttenkunde, übersetzt von Hartmann, Thl. 1, S. 100, angegeben. — Flammöfen gewöhnlicher Art trocknet man auf die Weise aus, daß man alle Oeffnungen derselben, mit Ausnahme des Aschenfalls und der Essenmündung, lose verschließt und in der Nähe des ersteren (etwa 1 Fuß davon) ein Schmauchfeuer von Scheitholz oder Torf anmacht, dessen warmer Gasstrom theilweise in den Aschenfall und von hier durch den Rost in den inneren Ofenraum tritt. Das Feuer wird dem Aschenfall allmälig genähert und endlich ganz in denselben hineingerückt. Ist aller Ruß, der

sich während der ersten Zeit der Austrocknung im Innern des Ofens absetzte, durch die steigende Temperatur weggebrannt, so kann man das Feuer vom Aschenfall auf den Rost verlegen. Bis zu dieser Zeit pflegen vom Anfange des Austrocknens 8 — 10 Tage verflossen zu seyn. Die verschiedenen lokalen Verhältnisse lassen hier jedoch keine Aufstellung fester Regeln zu. — Die **Gefäßöfen** werden meist auf eine ganz ähnliche Weise wie die Flammöfen ausgetrocknet.

Austrocknung d. Gefäßöfen

Austrocknung des Brennmaterials. Mehreres hierauf Bezügliche ist bereits bei der Lehre von den Brennmaterialien (Vorbereitung des Holzes, Torfes u. s. w.) angeführt worden. — Nicht selten benutzt man die aus den Oefen entweichende Wärme zur Austrocknung des Brennmaterials. Feuchte Holzkohlen oder Kohks, welche in Heerdöfen gebraucht werden sollen, erlangen schon einen hinreichenden Grad der Trockenheit, wenn man sie auf den Heerd bringt und hier so placirt, daß sie von der strahlenden Wärme der Heerdflamme getroffen werden. Das zu den Schachtöfen verwendete Brennmaterial trocknet während seines Niederganges im Schachte aus. (Man sehe hierüber weiter unten: **Ablagern der Holzkohlen und Kohks.**) Bei Flammöfen und flammofenartigen Gefäßöfen schichtet man diese zuweilen so neben oder über dem Ofen auf, daß das warme Ofengemäuer oder der von demselben aufsteigende warme Luftstrom ihre Austrocknung bewirkt.

d. Brennmat.

Austrocknung der Beschickung. Auch hierzu bedient man sich zuweilen der aus den Oefen entweichenden Wärme. So z. B. werden die mit Thon angekneteten und zur Verschmelzung auf Schwarzkupfer benutzten Rückstände von der Mansfeldischen Kupferstein-Amalgamation durch die warmen Essenwände der Röst-Flammöfen ausgetrocknet. Auf manchen Eisenhüttenwerken ist es gebräuchlich, den zum nächsten Aufgeben dienenden Erz- und Zuschlag-Satz auf die Gichtmauer zu stürzen, woselbst er von der strahlenden Wärme der Gichtflamme getroffen wird. Die Beschickung der Flammöfen wird häufig vor ihrem Eintragen in den Ofen auf dem Gewölbe desselben ausgebreitet, und von hier aus durch eine daselbst angebrachte verschließbare Oeffnung auf den Heerd gestürzt.

d. Beschickung.

Eine **Austrocknung der Verbrennungsluft** oder vielmehr eine künstliche Absorption ihres Gehaltes an Wasserdampf würde, für metallurgische Zwecke, weit größere Schwierigkeiten und Kosten verursachen als Nutzen bringen. Alles was sich in dieser Beziehung thun läßt, besteht in der möglichsten Vermeidung solcher Umstände, welche den Feuchtigkeitsgehalt der Verbrennungsluft vermehren. (Man sehe weiter unten: **Einmengung von Wasserdampf in die Verbrennungsluft.**)

der Verbrennungsluft.

B. Einige andere Vorbereitungen des Brennmaterials und der Beschickung.

Aufbereitung einiger Steinkohlen.

Aufbereitung einiger Steinkohlen. Von der Reinigung des zur Ofenverkohlung bestimmten Backkohlenkleins durch Klaubearbeit ist schon S. 329 die Rede gewesen. Enthält ein derartiges Kohlenklein viele Stücke von Schieferthon oder von ähnlichen Verunreinigungen, so kann es sich in manchen Fällen lohnen, dasselbe einer förmlichen nassen Aufbereitung durch Siebsetzen u. s. w. zu unterwerfen. Zugleich wird hierbei, wenn die Steinkohlen — durch Verwitterung des eingesprengten Schwefelkieses — Eisenvitriol enthalten, dieser mehr oder weniger ausgelaugt.

Backkohks in Oefen.

Darstellung der Backkohks in Oefen. Dieselbe ist S. 324 bis 326 und S. 328 — 337 beschrieben worden. Daß man in Oefen dichtere Kohks erhält, als in Meilern und Haufen, liegt in dem Widerstande, welchen die Ofenmauern den in der Verkohlung begriffenen, sich aufblähenden Backkohlen entgegensetzen. Bei den cylindrischen Oefen, von der auf S. 325 beschriebenen Einrichtung, ist dies in noch höherem Grade der Fall als bei den Backöfen.

Pressen des Torfes.

Pressen des Torfes. Trotz der sehr bedeutenden Vermehrung des specifischen Wärme-Effektes, welche beim Pressen des Torfes erreicht wird, stellen sich dieser Operation einige Bedenken entgegen, deren auf S. 182 gedacht wurde.

Ablagern der Holzkohlen.

Ablagern der Holzkohlen und Kohks. S. 295 und 338 wurde bemerkt, daß die gelagerten (während längerer Zeit in Magazinen aufbewahrten) Holzkohlen und Kohks zufolge der Erfahrungen einiger Metallurgen einen höheren specifischen Wärme-Effekt besitzen — zu gleichen Volumtheilen angewendet mehr leisten — als die frisch erzeugten. Daß der Grund hiervon zum Theil in einer durch den Druck der aufgehäuften Massen bewirkten Volumverminderung liege, läßt sich vielleicht bei den Holzkohlen, schwerlich aber bei den Kohks annehmen. Es dürfte also kaum etwas Anderes übrig bleiben als die Ursache dieses erhöhten Effektes, wenigstens theilweise, in dem größeren Feuchtigkeitsgehalte der gelagerten Holzkohlen und Kohks zu suchen. Letzterer kann allerdings, bei der Anwendung der Holzkohlen und Kohks in Schachtöfen, eine Wirkung herbeiführen, welche der der unverkohlten und halb verkohlten Brennmaterialien in diesen Oefen in einiger Beziehung ähnlich ist. Es scheint nämlich ausgemacht, daß durch die Verdunstung dieses Feuchtigkeitsgehaltes in dem oberen Theile der Beschickungssäule eine Abkühlung hervorgebracht werden müsse, welche eine verhältnißmäßige Erniedrigung der Rothgluth-Zone (*ab* in Fig. 115, S. 506) zur Folge hat.

Hierdurch wird aber der senkrechte Abstand dieser Zone vom Schmelzraume, und folglich auch derjenige Kohlenverlust geringer werden, welcher dadurch entsteht, daß sich die Kohlensäure bei ihrem Aufsteigen durch die glühenden Holzkohlen und Kohks theilweise in Kohlenoxyd umwandelt. Dieser Gewinn an Kohlensubstanz wird aber natürlich weit geringer seyn als der durch Anwendung unverkohlten und halbverkohlten Brennmaterials herbeigeführte, bei welchem noch andere Quellen der Ersparniß eine Rolle spielen. Zugleich ist es einzusehen, daß der Vortheil der gelagerten Holzkohlen und Kohks, insofern er auf Feuchtigkeitsgehalt beruht, in der Steigerung seine Grenze haben muß, indem allzu feuchte oder gar förmlich durchnäßte Holzkohlen eine so bedeutende Temperatur-Verminderung nicht allein in den oberen, sondern auch in den unteren Theilen der Beschickungssäule bewirken werden, daß auch die innerhalb des Schmelzraumes entwickelte Temperatur dadurch beträchtlich deprimirt werden muß. — Der hier entwickelte, für die Anwendung der bis zu einem gewissen Grade feuchten — oder vielmehr nicht allzu trockenen — Holzkohlen und Kohks in Schachtöfen sprechende Grund findet, wie sich von selbst ergiebt, hinsichtlich der Anwendung derselben in Heerdöfen nicht statt. In Bezug auf letztere hat sich denn auch der Nachtheil des feuchten Brennmaterials mehrfach herausgestellt. So z. B. hat Heine (Bergwerksfreund Bd. 1, S. 153) durch genaue Versuche dargethan, daß bei Anwendung trockener Holzkohlen zum Heerdgaaren des Kupfers ein bedeutend geringeres Brennmaterialquantum aufgeht, als bei Anwendung feuchter Holzkohlen. — Das Befeuchten der Kohlen, wie es in Schmiedewerkstätten gebräuchlich ist, kann mit der Anwendung von Holzkohlen, welche in ihrer ganzen Masse feucht sind, nicht parallelisirt werden. Ein solches äußerliches Anfeuchten des in Brand gesetzten Kohlenhaufens auf dem Schmiedeheerde hat zum Zweck, das nutzlose Verbrennen der Kohlen an der Oberfläche des Haufens möglichst zu verhüten.

Zweckmäßige Zerkleinerung des Brennmaterials und der Beschickung. Die Gründe, welche in Bezug auf Wärme-Effekt für diese Zerkleinerung sprechen, sind bereits am Eingange des vierten Abschnittes auseinandergesetzt worden. Bis zu welcher Grenze die Zerkleinerung zu treiben sey, ist theils von der Art des metallurgischen Processes und der zu seiner Ausführung bestimmten Oefen, theils von lokalen Verhältnissen abhängig. Bei Eisenhohöfen liegt die vortheilhafteste Größe der Erzstücke zwischen der einer Wallnuß und eines Hühnereies; oft aber ist man genöthigt, das Erz in kleineren Stücken, nicht selten sogar gänzlich in Pulverform, als Schlich, anzuwenden. In Bezug auf die Benutzung des Wärme-Effektes könnte letzteres nur vortheilhaft seyn, wenn es bei manchen Schmelzprocessen nicht mit Uebelständen verknüpft wäre. So z. B. würde ein durchaus pulverförmiges Erz in einem Eisenhohofen wegen der beträchtlichen

Zweckmäßige Zerklein. des Brennmat. u. d. Beschickung.

Höhe der Beschickungssäule, unvermeidlich Verstopfungen und daraus folgenden schlechten Schmelzgang nach sich ziehen. Auf die Zerkleinerung des Brennmaterials kann man in der Regel weniger Sorgfalt verwenden als auf die des Erzes und des Zuschlages. Holzkohlenstücke von der Größe einer mäßigen Faust dürften für viele Schachtofenprocesse die geeignetsten seyn. Feste Kohks brauchen diese Größe nicht ganz zu erreichen. Hohe Schächte erfordern größere Brennmaterialstücke als niedere; lose, leicht zerbröckelnde Brennmaterialien müssen in größeren Stücken angewendet werden als feste. Schärfer gefaßte allgemeine Regeln lassen sich über diesen Punkt schwierig aufstellen. Es dürfte daher genügen, die Aufmerksamkeit auf denselben gerichtet zu haben; dem Ermessen des Praktikers muß es aber anheimgestellt bleiben, das Zweckmäßigste für den speciellen Fall ausfindig zu machen.

C. Einmengung von Wasserdampf in die Verbrennungsluft.

Der schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts gemachte Vorschlag, zugleich mit der Verbrennungsluft Wasserdämpfe in Schmelzöfen einströmen zu lassen *), ist neuerlich von mehreren Seiten her wieder in Anregung gebracht worden. Es wird behauptet, daß durch ein solches Verfahren, außer der in manchen Fällen dadurch hervorgerufenen chemischen Einwirkung auf den metallurgischen Proceß, auch noch eine Vermehrung des Wärme-Effektes erreicht würde. Der letztere Theil dieser Behauptung möge hier einer näheren Prüfung unterworfen werden.

Was geht hierbei vor?

Daß bei der Zerlegung des Wassers in seine Bestandtheile wahrscheinlich eine eben so große Wärmemenge gebunden wird, als sich bei der Verbrennung dieser Bestandtheile zu Wasser entwickelt, ist bereits in dem »von der Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials« handelnden Kapitel zur Sprache gekommen. Wenn man daher Wasserdämpfe zugleich mit der Gebläseluft in einen Schachtofen strömen läßt, so muß hierdurch nothwendigerweise eine Abkühlung bewirkt werden, deren Größe von der Quantität des Wasserdampfes im Verhältniß zu der Gebläseluft abhängig ist. Um ein Beispiel hiervon zu geben, wollen wir die Temperatur, welche durch Verbrennung von Holzkohle in einer ungefähr 21 Gew.-Proc. Feuchtigkeit enthaltenden atmosphärischen Luft erzeugt wird, mit derjenigen Temperatur, 2458° C., vergleichen, welche durch Verbrennung von Holz-

Vorgang in Schachtöfen.

Pyrometr. W.-E. d. Kohle in Luft mit 21 Proc. Feuchtigkeit.

*) Gellert's Versuche, das in Dünste aufgelöste Wasser beim Schmelzen statt der Blasebälge (der Gebläseluft) anzuwenden. Köhler's Bergmännisches Journal, Jahrgang 2, Bd. 1, S. 93 (1789).

kohle in trockener atmosphärischer Luft entsteht. Jene erste Temperatur wollen wir hier zu ermitteln suchen. Zuvörderst fragt es sich, welche Gewichtsmenge Kohle respektive durch den Sauerstoff von 79 Gew.-Proc. atmosphärischer Luft und durch den Sauerstoff von 21 Gew.-Proc. Wasser zu Kohlensäure verbrannt werden können? In 79 Gewthln. Luft sind 18,2 Gwthle. Sauerstoff, und in 21 Gwthln. Wasser ungefähr eben so viel, nämlich 18,7 Gewthle. Sauerstoff enthalten. Es erleichtert die Rechnung und verändert das Resultat nur sehr unerheblich, wenn wir annehmen, daß diese Sauerstoff-Quantitäten gleich seyen und daß folglich, bei Anwendung einer atmosphärischen Luft mit 21 Gew.-Proc. Gehalt an Wasserdampf, die durch den Sauerstoff der Luft verbrannte Kohlenmenge genau eben so groß sey, wie die durch den Sauerstoff des Wassers verbrannte. Unsere Aufgabe ändert sich also jetzt dahin ab: denjenigen Hitzgrad zu bestimmen, welcher erzeugt wird, wenn man zwei gleiche Gewichtsmengen Holzkohle zu gleicher Zeit und in demselben Raume, die eine in atmosphärischer Luft und die andere in Wasserdampf verbrennt. Fände durch die Zerlegung des Wasserdampfes keine Abkühlung statt, so wäre der durch eine solche Verbrennung von 2 Gwthln. Kohle erzeugte absolute Wärme-Effekt — da 1 Gwthl. Kohle zu seiner vollständigen Verbrennung $2^2/_3$ Gwthle. Sauerstoff gebraucht — gleich $2 \cdot 3000 \cdot 2^2/_3$. Von dieser Wärmemenge ist die durch Zerlegung des Wasserdampfes absorbirte in Abrechnung zu bringen. Das absorbirte Wärmequantum muß aber $= 4500 \cdot 2^2/_3$ Wärme-Einheiten seyn, denn es ist eben so groß, wie die durch Verbrennung von $2^2/_3$ Gwthln. Sauerstoff mit Wasserstoff erzeugte Wärmemenge *). Als gesammter Wärme-Effekt, inclusive der im 100° C. heißen Wasserdampf vorhandenen Wärme, ergiebt sich daher

$$A = 2 \cdot 3000 \quad 2^2/_3 - 4500 \cdot 2^2/_3 + 3 \cdot 100 \cdot 0{,}847$$

$= 4254$ Wärme-Einheiten. In diese Wärme-Einheiten theilen sich, im Verhältniß ihrer Wärme-Capacitäten, alle bei der gedachten Verbrennung gebildeten Verbrennungs-Produkte, nämlich $2 \cdot 3^2/_3 = 7^1/_3$ Gwthle. Kohlensäure, $2^2/_3 \cdot 3^1/_3 = 8^8/_9$ Gwthle. Stickstoff und $2^2/_3 \cdot {}^1/_8 = {}^1/_3$ Gwthl. Wasserstoff. Die gesuchte Temperatur ist folglich

$$P = \frac{4254}{7^1/_3 \cdot 0{,}221 + 8^8/_9 \cdot 0{,}275 + {}^1/_3 \cdot 3{,}294}$$

$= \dfrac{4254}{5{,}16} = 824°$ C. Während also durch Verbrennung von (aschen-

---

*) Der Intensitäts-Coefficient des Wasserstoffs ist $= 1^1/_2$; folglich entwickeln $2^2/_3$ Gwthle. Sauerstoff bei ihrer Verbrennung mit Wasserstoff $3000 \cdot 1^1/_2 \cdot 2^2/_3 = 4500 \cdot 2^2/_3$ Wärme-Einheiten (s. S. 384).

freier) Holzkohle in trockener atmosphärischer Luft eine Temperatur von 2458° C. erzeugt wird, beträgt die durch Verbrennung solcher Kohle in einer 21 Gew.=Proc. Wasserdampf enthaltenden Luft nur 824° C., und die durch einen solchen Feuchtigkeitsgehalt bewirkte Temperatur=Erniedrigung daher über 1600° C. Durch Anwendung einer 100° C. heißen Gebläseluft würde jener Hitzgrad bis auf ungefähr 1050° C. erhöht werden*).

Theilweise Verminderung dieser Abkühlung.

Bei Eisenhohöfen und überhaupt bei Schachtöfen, in denen Oxyde reducirt werden, wird ein geringer Theil dieser sehr bedeutenden Abkühlung dadurch gehoben, daß der frei gewordene Wasserstoff sich im oberen Schachtraume mit dem Sauerstoff des betreffenden Oxydes verbindet und dabei eine geringe Wärmemenge entwickelt (s. S. 508). Von größerem Belang in dieser Beziehung dürfte es seyn, daß der einströmende Wasserdampf wohl keineswegs sogleich vollständig zerlegt wird, sondern daß dies erst während seines Aufsteigens im Schachte allmälig eintritt; ja daß vielleicht sogar, wenn man sehr beträchtliche Quantitäten Wasserdampf anwendet, ein Theil davon unzerlegt aus der Gicht entweicht. Entginge sämmtlicher in Luft von 21 Gew.=Proc. Feuchtigkeit enthaltene Wasserdampf der Verbrennung, so würde

$$P = \frac{3000 \,.\, 2^2/_3 + 3 \,.\, 100 \,.\, 0{,}847}{7^1/_3 \,.\, 0{,}221 + 8^8/_9 \,.\, 0{,}275 + 3 \,.\, 0{,}847}$$

= 1423° C., und bei Anwendung einer 100° C. heißen Gebläseluft = 1622° C.

Vorgang in Flammöfen.

Wasserdämpfe, welche durch den Rost eines Flammofens einströmen und mit dem auf dem Roste liegenden Brennmaterial in Berührung kommen, müssen nothwendigerweise an diesem Orte ganz dieselbe Wirkung haben, wie die mit der Gebläseluft in einen Schachtofen eingeblasenen Wasserdämpfe. Es findet jedoch hierbei der beachtenswerthe Umstand statt, daß der durch Zersetzung der Wasserdämpfe innerhalb des Schürraumes frei gewordene Wasserstoff gewöhnlich im Flammenraume (über dem Heerde) wieder verbrennt. Durch den bei den Flammöfen stattfindenden Luftzutritt in diesen Raum wird hierzu Gelegenheit geboten. Diejenige Wärmemenge, welche innerhalb des Schürraumes absorbirt wurde, wird daher über dem Heerde wieder frei. Die Wirkung der durch den Rost eines Flammofens einströmenden Wasserdämpfe besteht also — im Fall ihrer vollständigen Zersetzung — in einer theilweisen Verlegung der Wärmequelle vom Schür=

*) Für diesen Fall ist

$$P = \frac{4254 + 2^2/_3 \,.\, 4^1/_3 \,.\, 100}{7^1/_3 \,.\, 0{,}221 + 8^8/_9 \,.\, 0{,}275 + 3 \,.\, 0{,}847} = 1048^\circ \text{ C.}$$

raum in das Innere des Ofens. Da die Wärme an letzterem Orte zur unmittelbarsten Benutzung gelangt, so liegt hierin allerdings ein Vortheil, welcher besonders dann von Bedeutung wird, wenn entweder das angewendete Brennmaterial keine lange Flamme giebt oder wenn dessen Flamme in Bezug auf die betreffende Ofenconstruktion zu kurz ist.

Vorgang in Generatoren

Aus dem eben Gesagten erhellt, daß sich vorzugsweise bei den Generatoren die Anwendung der mit Wasserdämpfen vermischten Luft als vortheilhaft herausstellen müsse; denn die im Innern des Generators durch Zersetzung des Wasserdampfes gebundene Wärme wird in den Verbrennungsraum (*n* in Fig. 116, S. 516) übergeführt, ohne daß sie auf diesem mitunter ziemlich langen Wege einer Verminderung durch Ableitung ausgesetzt wäre. In der That hat sich auch die Anwendung der Wasserdämpfe bei Generatoren als entschieden Brennmaterial ersparend erwiesen. Auf die einfachste und billigste Art wird der hierzu erforderliche Wasserdampf erzeugt, wenn man unter dem Roste des Generators ein offenes Wasser-Reservoir anbringt, in welchem sich die durch den Rost fallenden heißen Aschen- und Brennmaterialtheile ablöschen. (Man sehe: Bischof, Die indirekte aber höchste Nutzung der Brennmaterialien.) Eine zu große Quantität Wasserdampf ist zu vermeiden, weil die überdies schon nicht beträchtliche hohe Temperatur im Generator hierdurch leicht so weit erniedrigt werden kann, daß dies eine Störung der Verbrennung zur Folge hat. Bei einem Gebläse-Generator ist in dieser Beziehung weniger Vorsicht nöthig, weil hier die Verbrennung durch den lebhaften Luftstrom hinreichend unterhalten wird.

VIII. Von der Anwendung der Gichtflamme, der Gichtgase und der von den Ofenwänden u. s. w. abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme.

A. Anwendung der Gichtflamme

Unter Gichtflamme wird hier nicht bloß die eigentlich sogenannte — auf der Gicht der Schachtöfen befindliche — Gichtflamme, sondern überhaupt jede aus irgend einem Ofen unter gewöhnlichen Umständen unbenutzt entweichende Flamme verstanden.

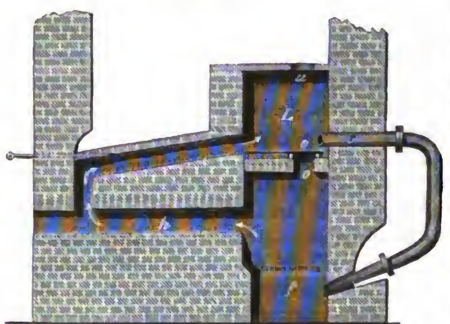
Gichtflamme der Eisenfrischheerde.

Die Gichtflamme der Eisenfrischheerde hat man in neuerer Zeit theils zum Vorwärmen des zu verfrischenden Roheisens, theils zum Schweißen (d. h. Erwärmen bis zur Schweißhitze) der Frischeisenstücke — Schirbel —, theils auch zur Erhitzung der Gebläseluft benutzt. Die folgende

Figur zeigt einen Frischheerd, welcher mit Vorrichtungen für alle diese Zwecke zugleich versehen ist.



Fig. 117.



f, ein gewöhnlicher Frischheerd; *h*, ein überwölbt. Raum zum Erhitzen der Schirbel und Vorwärmen der Roheisenstücke. Wenn die Oeffnung *o* mittelst des Schiebers *s e* verschlossen ist, so nimmt die aus dem Frischheerde kommende Flamme den durch die Pfeile angedeuteten Weg, also über den Heerd *h* nach dem Raume *L*, in welchem sich der Lufterhitzungs-Apparat befindet und gelangt von hier durch die Oeffnung *u* in eine Esse oder sogleich ins Freie. Die erhitzte Gebläseluft wird durch den Röhrenstrang *r* zur Düse geführt. Durch Oeffnen des die Oeffnung *o* verschließenden Schiebers kann die Flamme unmittelbar zum Lufterhitzungs-Apparate geleitet werden. Zur Erhöhung der Hitze im Heerdraume *h* hat man auf einigen Hüttenwerken die Flamme von zwei neben einander liegenden Frischheerden in denselben geleitet. Eine solche Vorrichtung findet man in Karsten's Eisenhüttenkunde, 3te Auflage, Tab. XL, Fig. 7 — 11, abgebildet. — Maresch (Berg- und hüttenmännische Zeitg. Bd. 5, S. 89) hat vorgeschlagen, eine ähnliche Vorrichtung zum Puddeln anzuwenden, nämlich einen Puddelofen durch die Gichtflamme zweier Frischheerde anzuheizen. Man vergleiche hierüber Balling's Bemerkungen zu diesem Vorschlage (Berg- und hüttenm. Zeitg. Bd. 5, S. 850, und Bergwerksfreund Bd. 11, S. 97). — Sauvage (Ann. d. mines, 4ième sér., t. 6, p. 461, und Berg- und hüttenmännische Zeitg. Bd. 5, S. 169) beschrieb eine auf der Eisenhütte zu Montblainville ausgeführte Ofen-Vorrichtung, in welcher man die Gichtflamme eines mit einem Gemenge von Holzkohle und gedarrtem Holze betriebenen Frischfeuers zum Puddeln, Vorwärmen des Roheisens, Erwärmen der Gebläseluft und Darren des Holzes benutzt.

Gichtflamme d. Eisenhohöfen.

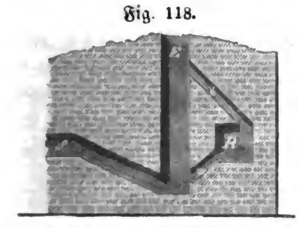
Von der Gichtflamme der Eisenhohöfen hat man sehr verschiedene Anwendungen gemacht, nämlich zum Puddeln, zum Kalkbrennen, zum Thonbrennen, zur Holzverkohlung und Holzdarrung, zur Röstung der Eisenerze, zur Heizung von Dampfmaschinen-Kesseln und zum Erhitzen der Ge-

bläseluft. — Versuche über das Puddeln mit der Gichtflamme, welche unter anderen zu Neuberg in Steyermark angestellt worden sind, haben keine Resultate geliefert, welche zu einer Nachahmung auffordern könnten. — Das Brennen von Kalk und Thon läßt sich sehr gut mittelst der Gichtflamme ausführen, jedoch gehört dasselbe offenbar nicht zu den vortheilhaftesten Anwendungen, die sich von der Gichtflamme machen lassen; es sollte daher nur geschehen, wenn vortheilhaftere Anwendungen nicht dadurch beeinträchtigt werden. — Die Darstellung von Schwarzkohle in gußeisernen, durch die Gichtflamme erhitzten Apparaten hat bis jetzt nicht glücken wollen; auch die der Rothkohle läßt noch viel zu wünschen übrig (s. S. 290). Am besten in dieser Beziehung dürfte das Darren des Holzes gelungen seyn, besonders wenn es in dem auf S. 512 erwähnten Apparate ausgeführt wird. — Die Röstung der Eisenerze in kleinen, neben der Gicht angebrachten Röstöfen, in welche man die Gichtflamme leitet, wird noch jetzt auf mehreren Eisenhüttenwerken ausgeführt. Sie gewährt zugleich den Vortheil, daß das Erz in erwärmtem Zustande auf die Gicht gegeben wird. — Die Heizung von Dampfmaschinen-Kesseln und die Erhitzung der Gebläseluft (s. S. 485) mittelst der Gichtflamme dürfte von allen diesen Anwendungen die zweckmäßigste seyn. Was die erstere betrifft, so sind vielfache Beschreibungen der hierzu erforderlichen Vorrichtungen zur Kenntniß des metallurgischen Publikums gelangt. Man sehe hierüber das dem ersten Bande dieses Lehrbuches beigefügte Literatur-Verzeichniß.

Gichtflamme d. Puddelöfen

Der aus den **Puddelöfen** entweichenden Flamme bedient man sich auf einigen Hüttenwerken zum Vorwärmen der später zum Puddeln gelangenden Roheisenstücke. Es kann dies mittelst einer einfachen Vorrichtung geschehen, welche Fig. 118 darstellt.

Fig. 118.



f ist der Fuchs, E die Esse des Puddelofens. Ein Theil der in die Esse einströmenden Flamme nimmt seinen Weg vermittelst der Kanäle a und b durch den Raum R, in welchem sich die zum Anwärmen bestimmten Roheisenstücke befinden. — Eine stärkere, obwohl leicht zu starke Erhitzung erlangt man durch Anbringung eines wirklichen Vorwärm-**Heerdes** hinter dem Fuchse. — Mehrfach ist es auch vorgeschlagen und versucht worden, **zwei** Puddelöfen derartig mit einander zu verbinden, daß die Flamme vom Heerde des einen unmittelbar auf den Heerd des anderen gelangt. **Karsten** hat sich gegen die Anwendung solcher **Doppel-**

Puddelöfen ausgesprochen (s. dessen Eisenhüttenkunde, 3te Aufl., Bd. 4, S. 267). Nach dem Berichte von Delesse (Ann. d. mines, 4ième sér., t. 2, p. 379 und Berg- und hüttenmännische Zeitg. Bd. 2, S. 441) bedient man sich derselben zu Neuberg in Steyermark mit Vortheil.

Gichtflamme einiger anderer Oefen.

Ein Beispiel von der Benutzung der Gichtflamme anderer Flammöfen liefern die Mansfelder Doppel-Röstöfen (s. S. 97). Aehnlich construirte Doppelöfen wendet man zum Abdampfen von Laugen und zu einigen anderen Zwecken an. Ganz neuerlich hat Rienecker (Berg- und hüttenm. Zeitg. Bd. 7, S. 81) vorgeschlagen, sich der Bleioxyd mit sich führenden Gichtflamme der Treibheerde zum Brennen und Glasiren von Thonsteinen zu bedienen.

Ein Theil der aus den Blaufarbenöfen entweichenden Flamme wird auf einigen Blaufarbenwerken zum Trocknen des zur Smalte-Beschickung dienenden gepochten und gewaschenen Quarzes benutzt.

Durch die hier angeführten Beispiele von der Benutzung der Gichtflamme sind weder die Möglichkeiten dieser Benutzung erschöpft, noch ist dadurch das Streben zur Vervollkommnung in einzelnen Richtungen geschlossen. In beiderlei Hinsicht dürfte bei diesem erst in neuester Zeit zur Sprache gekommenen, höchst wichtigen Punkte der Hütten-Oekonomie noch Manches zu wünschen übrig bleiben, dessen Erreichung der Intelligenz des Praktikers anheimzustellen ist.

B. Anwendung der Gichtgase.

Von den wichtigsten Eigenschaften der aus verschiedenen Oefen abgeleiteten Gichtgase ist bereits in dem von den gasförmigen Brennmaterialien handelnden Kapitel die Rede gewesen. Ferner wurde im Kapitel von der Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials der Apparate gedacht, deren man sich zur Verbrennung sowohl der Generator- als der Gichtgase bedient. Es bleibt also hier nur noch übrig die Art zu beschreiben, auf welche man die Gichtgase aus dem Ofenschachte ableitet.

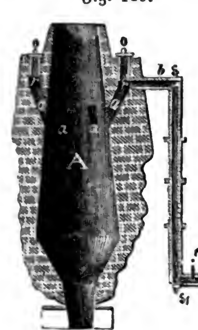
Ableit. der Gichtgase a. e. Eisenhohof.

Die Ableitung der Gichtgase aus dem Schachte eines Eisenhohofens, nach Faber du Faur's Methode, geschieht auf folgende Weise.

In dem zu dieser Ableitung geeigneten Niveau des Ofenschachtes *A* (s. S. 346) sind mehrere — gewöhnlich 5 bis 6 — Oeffnungen *a*, *a*, *a* ... Fig. 119 a. f. S. angebracht, welche in schräg aufsteigender Richtung in den ringförmigen Kanal *r r* ausmünden. Aus diesem als Sammlungsraum dienenden Kanal gelangen die Gase in die Röhrenleitung *b*, und ihr Ausströmen aus derselben kann durch den Schieber *v* regulirt werden. Ueber

jeder Stelle, an welcher eine der Oeffnungen *a, a, a* ... in den Sammlungsraum *rr* einmündet, befindet sich im Ofengemäuer ein gußeisernes, mit einem Deckel *o* versehenes, unten offenes Gefäß, welches die Reinigung der sich durch Gichtstaub u. s. w. leicht verstopfenden Oeffnungen *a, a, a* ... möglich macht. Zu gleichem Zwecke, in Betreff der Röhrenleitung *b*, dienen die ebenfalls durch Deckel verschlossenen Oeffnungen *s* und *s'*. Um das Einströmen der Gase in die Gasleitung zu befördern, hat man auf einigen Eisenhüttenwerken eine eiserne Klappe auf der Gicht angebracht, welche man nach dem Aufgeben eines Satzes theilweise oder ganz schließt. In der Regel aber ist eine solche Vorkehrung nicht nothwendig, da die zwischen dem Niveau *a, a, a* ... und der Gicht befindliche Beschickungssäule gewöhnlich hinreichenden Widerstand leistet, um einen großen Theil der Gase zum Eintreten in die Gasleitung zu nöthigen. — Anstatt mehrerer Ableitungs-Oeffnungen *a, a, a* ..., ist es versucht worden deren nur eine, aber größere, anzuwenden. Man erhielt auch bei dieser einfacheren Vorrichtung die nöthige Menge Gas und es ergab sich zugleich der Vortheil einer nicht so leicht eintretenden Verstopfung des Apparates. Doch fragt es sich, ob bei dieser Ableitung des Gases nach einer Richtung nicht leicht ein unregelmäßiges Niedergehen der Erz- und Kohlen-Schichten (Kippen der Gichten) entsteht.

Fig. 119.



Erfahrungen in Betreff dieser Ableit.

Durch vielfache Erfahrung ist man jetzt fast allgemein zu der Ueberzeugung gelangt, daß die Ableitung der Gichtgase aus einem Eisenhohofen nicht geschehen könne, ohne den guten Gang des Hohofen-Processes mehr oder weniger zu beeinträchtigen. Dies ist wenigstens bei der Ableitung so beträchtlicher Gasquantitäten der Fall, wie sie zur Feuerung eines oder gar mehrerer Puddelöfen erfordert werden. Der Grund dieser Beeinträchtigung läßt sich leicht einsehen, wenn man die wesentliche Funktion der im Hohofen aufsteigenden Gase berücksichtigt, welche Funktion in der oberen Hälfte des Ofenschachtes keineswegs zu Ende ist. Die großen ökonomischen Vortheile, die man sich anfänglich von der Anwendung der Gichtgase als Brennmaterial versprach, sind in der Praxis bei weitem nicht erreicht worden, und man hat daher angefangen, theils der Benutzung der Gichtflamme, theils der Anwendung der Generator-Gase entschieden den Vorzug zu geben *).

---

*) Nach Schubin (Berg- und hüttenmännische Zeitung Bd. 5, S. 569) wird

Ableit. der Gichtgase anderer Oefen.

Daß die Gichtgase gewisser anderer Schachtöfen, so wie die der Eisenfrischheerde, in gewisser Beziehung noch weniger eine Benutzung zulassen als die der Eisenhohöfen, ist schon auf S. 342 erwähnt worden. Am wenigsten aber kann hiervon bei den Essengasen der Flammöfen die Rede seyn, welche den geringsten Gehalt an brennbaren Bestandtheilen besitzen. Keineswegs soll jedoch hierdurch behauptet werden, daß alle diese Gichtgase, theils wegen der sich ihrer Ableitung entgegenstellenden Gründe, theils wegen ihres geringen Wärme-Effektes, zu durchaus keiner Benutzung als Brennmaterial tauglich seyen. Bei richtiger Beschränkung der abgeleiteten Gasmenge dürften einige derselben allerdings ein ganz brauchbares Brennmaterial für Feuerungen abgeben, welche keinen zu hohen Hitzgrad hervorbringen sollen.

C. Anwendung der von den Ofenwänden u. s. w. abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme.

Es würde uns zu weit führen, alle die kleinen Vortheile zu erwähnen, welche man in verschiedenen Fällen von der Wärme der Ofenwände u. s. w. ziehen kann. Zum großen Theile ist die Benutzung dieser sonst verloren gehenden Wärme von der Lokalität, von der Art des metallurgischen Processes und der dazu angewendeten Oefen, so wie von mancherlei anderen Nebenumständen abhängig. Als Beispiele einer derartigen Wärme-Oekonomie mögen folgende dienen.

Einige Beispiele.

Bei Flammöfen, welche zum Rösten pulverförmiger Massen angewendet werden, ist es gebräuchlich, die Röstpost (das auf einmal abzuröstende Quantum Erz oder Stein) vor dem Eintragen in den Ofen auf der warmen Gewölbedecke desselben auszubreiten und hier so lange Zeit liegen zu lassen, als das Abrösten der im Ofen befindlichen Post währt. Dadurch verliert jene ihren Feuchtigkeitsgehalt und gelangt in trocknem, mehr oder weniger vorgewärmtem Zustande auf den Heerd. Man sehe die Beschreibung eines Ungarischen Zug-Flammofens, S. 94—97. — Auch zum Austrocknen anderer Massen, so wie zum Erwärmen von Flüssigkeiten kann die warme Gewölbedecke der Flammöfen benutzt werden. — Daß man die mit Thon angekneteten, zur Verschmelzung auf Schwarzkupfer dienenden Rückstände von der Mansfeldischen Kupferstein-Amalgamation durch die warmen Essenwände der Röstöfen austrocknet, ist bereits

---

auf der Werchne-Jugowski'schen Hütte ein Kupfergaarheerd (Spleißofen) durch die aus zwei — zum Kupfererzschmelzen dienenden — Schachtöfen abgeleiteten Gichtgase betrieben.

oben zur Erwähnung gelangt. Man führt die Esse zu diesem Zwecke theilweise horizontal und bildet die obere Wandung ihres horizontalen Theiles durch eiserne Platten. — Eine andere sehr zweckmäßige Wärme-Benutzung dieser Art besteht in der Austrocknung von Brennmaterial — besonders Holz und Torf —, welches man so placirt, daß die von den Ofenwänden abgeleitete und ausgestrahlte Wärme möglichst darauf einwirkt, ohne dasselbe der Gefahr des Entzündens auszusetzen. — Auf mehreren Hüttenwerken macht man von der Wärme der glühenden Schlacken einen sehr zu empfehlenden Gebrauch. Man bringt dieselben, während sie noch den erforderlichen Grad von Flüssigkeit oder doch Weichheit besitzen, in gußeiserne Formen von parallelepipedischer Gestalt, und wendet die so geformten glühenden Schlackenstücke zur Heizung von Stuben und anderen Räumen an, indem man sie nach dem Erkalten durch neue ersetzt. Die erkalteten Schlackenstücke dienen nachher als Bausteine.

Zweiter Theil.

Eisen.

I. Von den Eigenschaften des Eisens.

Das durch metallurgische Processe aus seinen Erzen dargestellte Eisen ist niemals chemisch rein, sondern enthält von etwa $1/2$ Procent bis gegen 8 und mehr Proc. fremde Bestandtheile, unter denen der Kohlenstoff eine Hauptrolle spielt. Diese verschiedene Beimischung fremder Körper bedingt ein sehr abweichendes Verhalten der verschiedenen im Großen gewonnenen Eisensorten, deren Eigenschaften der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen sind. Die Eigenschaften des chemisch reinen Eisens wurden dagegen bisher noch wenig erforscht; so viel hat sich jedoch mit Gewißheit herausgestellt, daß sich das chemisch reine Eisen in mehrfacher Hinsicht weit weniger zur technischen Anwendung eignet, als das hüttenmännisch dargestellte. Jene fremden Bestandtheile sind daher keineswegs alle als schädliche Verunreinigungen zu betrachten, sondern das Streben des Metallurgen muß vielmehr darauf gerichtet seyn, das Eisen mit der erforderlichen Art und Menge derselben zu verbinden. — Man theilt die im Großen gewonnenen Eisensorten in 3 Hauptklassen: Roheisen (Gußeisen), Stabeisen (Schmiedeeisen) und Stahl. Roheisen nennt man das durch reducirende Schmelzung unmittelbar aus seinen Erzen dargestellte, kohlenstoffreichste Eisen; Stabeisen heißt das durch einen oxydirenden Schmelz-Proceß von seinen fremden Bestandtheilen größtentheils befreite und dadurch geschmeidig gemachte Roheisen; und unter Stahl versteht man ein Eisen, welches hinsichtlich seines Kohlenstoffgehaltes etwa in der Mitte zwischen Roheisen und Stabeisen steht. Eine jede dieser drei Eisensorten besitzt ihr durchaus eigenthümliche, für die Technik wichtige Eigenschaften, welche die metallurgische Gewinnung derselben motiviren. Das Roheisen vereint eine große Festigkeit und Härte mit einem gewissen Grade der Leichtschmelzbarkeit; das Stabeisen ist äußerst schwer schmelzbar und dabei sehr zäh und geschmeidig; der Stahl aber steht, wie in seiner Zusammensetzung so auch in seinen Eigenschaften, ungefähr in der Mitte zwischen Roheisen und Stabeisen. — Bei der Betrachtung der für den

Metallurgen wichtigsten Eigenschaften des Eisens haben wir streng genommen nur auf die des Stabeisens, Roheisens und Stahls Rücksicht zu nehmen; das im Folgenden über die Eigenschaften des reinen Eisens Angeführte ist jedoch insofern von Interesse, als es einige Anhaltspunkte zu Vergleichen bietet.

A. Eigenschaften des reinen Eisens.

Darstellung reinen Eisens.

Reines Eisen wird, nach der Vorschrift mehrerer Chemiker, erhalten, wenn man 4 Gewichtstheile Feilspäne von gutem Stabeisen, oder besser 4 Gewichtstheile zerschnittenen, feinen Eisendraht (weil zu dünnen Drahtsorten nur das am wenigsten verunreinigte Eisen angewendet werden kann) mit etwa 1 Gwthl. reinem Eisenoxyd, Eisenoxyd-Oxydul, feingepulvertem Eisenglanz oder Magneteisenstein mengt, das Gemenge in einen hessischen Tiegel bringt, mit einer Schicht metallfreien Glaspulvers bedeckt, den Tiegel verkittet, und ihn, am besten in einem Seffström'schen Gebläseofen, der stärksten Weißglühhitze aussetzt. Der Sauerstoff des zugesetzten Oxyds oder Oxyd-Oxyduls verbrennt hierbei den Kohlenstoff des Stabeisens, während das überschüssige Oxyd vom schmelzenden Glase aufgenommen wird. Auf diese Weise kann man sich gut geflossene Eisen-Reguli bis zu einem Gewichte von $1/2$ Pfund und darüber verschaffen. Nach Schafhäutl ist jedoch das so dargestellte Eisen nicht chemisch rein, sondern enthält, trotz des Zusammenschmelzens mit Eisenoxyd, Kohlenstoff, welchen es aus den in die Schmelztiegel eingedrungenen kohlehaltigen Gasen aufgenommen hat. Am sichersten erhält man reines Eisen jedenfalls mittelst Reduktion von Eisenoxyd durch Wasserstoffgas, welche Operation sehr leicht in einer Glas- oder Porzellanröhre, unter Beihülfe einer noch nicht die Siedehitze des Quecksilbers erreichenden Temperatur ausgeführt werden kann. Das Eisen bleibt alsdann in Gestalt eines schwarzen Pulvers zurück, welches aber, wie Magnus fand, wegen seiner höchst feinen Zertheilung, gleich dem Platinschwamme, die Eigenschaft besitzt, Gase in sich zu condensiren, und sich daher beim Zutritt der Luft zu entzünden und zu verbrennen. Noch leichter geschieht dies, wenn das zur Reduktion angewendete Eisenoxyd nicht rein, sondern mit einem feuerfesten Körper, wie Thonerde, Kieselerde u. s. w. verunreinigt war. In diesem Falle tragen nämlich diese Substanzen zu einer noch größeren Vertheilung der feinen, metallischen Eisentheile bei, und vergrößern dadurch die Berührungsoberfläche zwischen Eisen und Sauerstoff. Um die leichte Verbrennlichkeit des reducirten Eisens zu verhüten, muß man den Reduktionsproceß bei einer höheren Temperatur vornehmen, als derselbe eigentlich erfordert. Hierdurch bewirkt man ein Zusammensintern der metallischen Theile, das

reducirte Eisen bleibt als eine graue schwammige Masse zurück und entzündet sich nicht mehr von selbst.

Einige Eigenschaften des reinen Eisens.

Das nach der zuerst angegebenen Methode dargestellte Eisen hat im geschmolzenen Zustande eine fast silberweiße Farbe, einen schuppigen, muschligen, zuweilen krystallinischen Bruch, und besitzt die Fähigkeit, eine ausgezeichnete Politur anzunehmen. Es ist weicher als gewöhnliches Stabeisen, hat aber einen hohen Grad von Zähigkeit. Berzelius fand das specifische Gewicht desselben = 7,8439. Als es zu einer dünnen Platte ausgewalzt worden war, verminderte sich sein specifisches Gewicht merkwürdiger Weise bis auf 7,6, und nach Ausreckung desselben in einen $^1/_{16}$ Zoll dicken Draht bis auf 7,75. Diese Anomalien rühren, nach Berzelius' Meinung, möglicher Weise von einer Repulsion zwischen der Oberfläche des Wassers und der des Eisens her, welche natürlich in demselben Verhältnisse zunehmen muß, als sich die Oberfläche des Eisens vergrößert und durch die das unter Wasser hängende Eisenstück mit einer zwar äußerst dünnen, aber doch zur Gewichtsverminderung des Eisens beitragenden, luftleeren oder lufterfüllten Schicht umgeben wird. Es ließe sich jedoch auch annehmen, daß der Grund zu diesem Phänomen in der Verschiedenheit der molecularen Anordnung bei dem geschmolzenen, gewalzten und zu Draht gezogenen reinen Eisen zu suchen sey. In dem erstgenannten, stets mehr oder weniger krystallinischen Metalle können die Molecule eine, für die größtmöglichste Dichtigkeit der Masse, zweckmäßigere Anordnung haben, als in den beiden anderen, bei denen diese Anordnung durch den Proceß des Walzens oder Ausreckens in verschiedenem Grade gestört worden ist. Ein analoges Beispiel für ein solches Verhalten dürfte das Wismuth liefern, welches unter gewissen Umständen durch Druck an Dichtigkeit zu verlieren scheint*). — Die specifische Wärme des reinen Eisens ist wahrscheinlich etwas geringer als 0,11379, welche Zahl, nach Regnault, die specifische Wärme des Stabeisens ausdrückt, wenn die des Wassers = 1 gesetzt wird. Aus Regnault's Versuchen mit Stabeisen, Gußstahl und weißem Roheisen scheint nämlich hervorzugehen, daß die Wärmecapacität des Eisens mit seinem Kohlenstoffgehalte zunimmt. Das reine Eisen ist noch schwieriger schmelzbar als Stabeisen; nach Schafhäutl ist dasselbe sogar in keinem Hitzgrade schmelzbar, den wir in unseren Oefen hervorzubringen vermögen. Es vermag den Magnetismus weniger in sich zurückzuhalten als letzteres, obgleich es stärker vom Magnete angezogen wird. Dagegen ist dasselbe ein besserer Leiter der Elektricität als jedes kohlenstoffhaltige Eisen, und ist der Oxydation durch

*) Marchand und Scheerer in Erdmann und Marchand's Journal für praktische Chemie. XXVII, S. 209.

die gemeinschaftliche Einwirkung von Luft, Feuchtigkeit und Kohlensäure noch mehr ausgesetzt als dieses.

B. Eigenschaften des Stabeisens.

Bestandtheile des Stabeisens.

Gutes Stabeisen enthält, als wesentlichen Bestandtheil, in der Regel 1/4 bis 1/2 Procent Kohlenstoff. Unter seine zufälligen Bestandtheile, die jedoch meist in noch weit geringerer Menge auftreten, gehören vorzüglich Schwefel, Phosphor, Silicium und Mangan, von denen die beiden ersteren die schädlichsten Einflüsse auf die Güte des Stabeisens haben, Silicium dagegen weniger, und Mangan gar nicht schädlich, in mancher Beziehung sogar von guter Wirkung ist. Auch Arsenik scheint zu den häufiger vorkommenden fremden Beimischungen des Stabeisens zu gehören; Schafhäutl fand denselben in mehreren Schwedischen Stabeisensorten. Je nach dem Gehalte an Kohlenstoff und zufälligen Beimengungen, sind die Eigenschaften verschiedener Stabeisensorten mehr oder weniger großen Verschiedenheiten unterworfen.

Farbe des Stabeisens.

Die Farbe des Stabeisens ist lichtgrau, einerseits in's Lichtbläulich-Graue, ja fast Silberweiße, andererseits in's Dunkelgraue übergehend. An diesen verschiedenen Nüancen ist nicht die relative Menge des Kohlenstoffs allein Schuld, sondern auch der Gehalt an unwesentlichen Beimengungen trägt hierzu bei. Eine sehr helle Farbe des Stabeisens kann vorzüglich herrühren 1) von einem Mangel an Kohlenstoff, 2) von einem Gehalt an Silicium, 3) von einem Gehalt an Phosphor; eine verhältnißmäßig dunkle Farbe dagegen 1) von einem großen Kohlenstoffgehalte, 2) von einer Verunreinigung durch Schwefel, 3) von einem Mangangehalte. In den meisten Fällen werden natürlich mehrere dieser Ursachen zugleich wirksam seyn.

Glanz des Stabeisens.

Der Glanz des Stabeisens ist nicht von dessen Farbe abhängig, indem lichte und dunkle Sorten desselben sowohl starken als schwachen Glanz haben können. Ein Ueberfluß von Kohlenstoff, so wie auch ein fast gänzlicher Mangel desselben, ferner ein Gehalt an Silicium und Phosphor bewirken größeren, ein mittlerer Kohlenstoffgehalt dagegen, so wie das Vorhandenseyn von Schwefel und vielleicht Mangan, geringeren Glanz.

Kennzeichen guten Stabeisens.

Eine unmittelbare Folge aus dem Angeführten ist es also: 1) daß sehr lichtes und zugleich stark glänzendes Stabeisen entweder zu wenig Kohlenstoff enthält (in diesem Falle besitzt es einen Stich in's Bläuliche), oder daß es stark durch Silicium oder Phosphor verunreinigt ist (in welchem Falle die Farbe fast rein weiß erscheint); 2) daß sehr dunkles und wenig glänzendes Stabeisen vielleicht Kohlenstoff in hinreichender Menge, aber möglicher Weise Schwefel (oder Mangan?) enthält; 3) daß lichtes und

wenig glänzendes Eisen sehr wahrscheinlich einen mittleren Kohlenstoffgehalt und nur geringe Beimengungen schädlicher Bestandtheile bei sich führt, indem beträchtliche Mengen von Phosphor und Silicium seinen Glanz vermehren, Schwefel aber seine Farbe dunkler machen würde; 4) endlich, daß dunkles und doch zugleich glänzendes Eisen einen etwas hohen Kohlenstoffgehalt, aber keine bedeutende Quantität schädlicher Gemengtheile besitzt, denn Schwefel würde seinen Glanz geringer, Silicium oder Phosphor aber seine Farbe lichter machen. Haben daher Farbe und Glanz einer Stabeisensorte die unter 3) und 4) angeführte Beschaffenheit, so ist Grund vorhanden, gute Eigenschaften bei denselben vorauszusetzen. Noch genügendere Schlüsse auf die Güte des Stabeisens lassen sich aber thun, wenn man die Merkmale, welche Farbe und Glanz an die Hand geben, noch mit denen combinirt, welche sich aus der Textur entnehmen lassen.

Textur des Stabeisens

Textur. Je nachdem Stabeisen zu dickeren oder dünneren Stäben ausgereckt, oder gar zu Draht ausgezogen wurde, ist die Textur desselben eine verschiedene. Wird also die Größe des Querschnittes eines Eisenstabes nicht berücksichtigt, so können Eisenstäbe von sehr ungleicher Dicke eine ganz ungleiche Textur haben, in der That aber doch aus einerlei Eisen bestehen. Die Erkennung der Textur des Stabeisens ist aber noch mit einer Schwierigkeit anderer Art verbunden. Da nämlich die Textur eines Körpers mit Genauigkeit nur auf seinem Bruche erkannt werden kann, indem sich hier die innere Anordnung seiner größeren Theile dem Auge aufschließt, so ist es klar, daß die Textur bei allen geschmeidigen Körpern schwierig zu beurtheilen seyn wird, weil ihre Bruchfläche nur ein mehr oder weniger modificirtes Bild ihrer inneren Theilanordnung zu geben vermag. In hohem Grade ist dies aber der Fall bei einem nicht allein sehr geschmeidigen, sondern zugleich auch außerordentlich festen und zähen Metalle, wie das Stabeisen. Eine wahre Bruchfläche läßt sich bei demselben, wenn es guter Qualität ist, gar nicht hervorbringen, sondern nur eine Zerreißungsfläche, auf welche mehr oder weniger Haken und Sehnen, als Folge der geschehenen Dehnung und Zerreißung hervorragen. So viel läßt sich jedoch aus der Beschaffenheit der Zerreißungsfläche mit Sicherheit entnehmen, daß die Textur des Stabeisens desto körniger ist, je weniger dasselbe mechanischem Drucke (durch Walzen, Hämmern und dergleichen) ausgesetzt worden ist. Ein Stück einer fertig gefrischten und langsam erkalteten Luppe (gefrischtes, aber noch nicht ausgeschmiedetes Stabeisen) hat ein ganz körniges Gefüge. Diese krystallinischen Körner, welche man sich nicht wie bloß aneinandergefügte Krystallindividuen, sondern vielfach mit einander verwachsen denken muß, verlieren durch Ausrecken unter dem Hammer oder durch das Auswalzen ihre Gestalt, und werden band- oder fadenförmig, und zwar um so mehr, je dün-

Beurtheilung derselben a. d. Zerreißungsfläche.

ner die Stangen sind, in welche das Eisen ausgehämmert oder ausgewalzt worden. Will man aus der Beschaffenheit der Zerreißungsfläche zweier Stabeisensorten einen Schluß auf die Güte derselben ziehen, so ist es also erforderlich, daß man Stäbe von gleicher Breite und Dicke hierzu anwendet. Quadratstäbe unter 1 Zoll Seite, und Bandstäbe unter 1/2 Zoll Dicke wählt man nicht gern, weil sonst die Beurtheilung unsicherer wird, indem einestheils die Faden und Sehnen zu dünn werden, anderentheils auch weniger gute Stabeisensorten in sehr dünnen Stangen eine mehr oder weniger fadige und sehnige Textur erlangen. Je mehr sich nun auf der Bruchfläche das Bild einer schwierigen Zerreißung ausprägt, je mehr Haken und Zacken (wenn der Eisenstab größere Durchschnitts-Dimensionen hat) oder Sehnen und Faden (wenn derselbe geringere besitzt) sich auf derselben zeigen, desto zäher und fester ist das betreffende Stabeisen. Zeigen sich dagegen Körner, welche mehr zerbrochen als zerrissen sind, so ist eine entgegengesetzte Eigenschaft desselben kaum einem Zweifel unterworfen, und hauptsächlich entweder ein Gehalt an Phosphor oder Silicium, oder von beiden zugleich zu vermuthen. Schwefel verhindert weniger die Bildung einer guten Zerreißungsfläche, ein zu hoher Kohlenstoffgehalt kann aber ebenfalls darauf hinwirken. Farbe und Glanz des Stabeisens geben alsdann nähere Aufschlüsse über den wahrscheinlichen Grund seiner schlechteren Qualität. — Nicht hinreichend gefrischtes Stabeisen pflegt oft aus einem Gemenge von fast noch unverändertem Roheisen und fertig gebildetem Stabeisen zu bestehen, und daher einen gemischten Bruch zu besitzen, indem sich auf demselben theils Sehnen und Zacken, theils kantige Körner zeigen, welche letzteren die Stellen verrathen, an denen sich das noch zu sehr kohlenstoffreiche Eisen befindet. — Wird sehniges Stabeisen bis zur Schweißhitze gebracht, und dann plötzlich in Wasser abgelöscht, so verliert es seine Textur, wird körnig, und zeigt auf dem Bruche eine körnig hakige Beschaffenheit. Beim abermaligen Erhitzen bis zur erwähnten Temperatur und nachherigem Ausrecken, erlangt es jedoch seine sehnige Textur vollkommen wieder. — Auch ein gewisser, lange und in Absätzen wirkender starker Druck scheint dem sehnigen Eisen mit der Zeit eine körnige Textur zu geben. Auf dem Harze hat man die interessante Erfahrung gemacht, daß die Glieder aller Kettenseile (Ketten, welche in Schächten besonders zum Fördern, d. h. zum Heraufziehen des gewonnenen Erzes u. s. w. gebraucht werden) an den Stellen, wo zwei Kettenglieder einander berühren, nach längerem Gebrauche eine vollkommen feinkörnige, stahlartige Textur erhalten. Zerreißt eine solche Kette, so ist es stets an diesen Stellen, welche, durch Einbüßung ihrer sehnigen Textur, an Festigkeit verloren haben. Ferner führt Hood (Bergwerksfreund Bd. 5, S. 506, und

Textur-Veränderung.

Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 1, S. 941) mehrere ähnliche Beispiele von Veränderungen in der Textur des Stabeisens an.

Härte des Stabeisens.

Die Härte der verschiedenen Stabeisensorten läßt sehr bedeutende Unterschiede zu, indem sowohl ein größerer Kohlenstoffgehalt, als das Vorhandenseyn gewisser Verunreinigungen, größere Härte zur Folge haben. Man kann wohl annehmen, daß es kein Stabeisen giebt, dessen polirte Oberfläche (diese allerdings schwieriger als die gefeilte) nicht durch Feldspath geritzt würde, aber es kommt auch vieles Stabeisen vor, welches durch Apatit geritzt wird, ja zuweilen solches, dessen Härte die des Flußspathes kaum übertrifft. Lichtbläuliches und stark glänzendes (verbranntes oder ehr kohlenstoffarmes) Stabeisen ist am weichsten. Lichtes und zugleich wenig glänzendes Stabeisen pflegt ebenfalls sehr weich, dunkles und glänzendes weniger weich, dunkles und mattes dagegen, so wie lichtweißes und zugleich stark glänzendes härter zu seyn. Den Grund hiervon wird man leicht finden, wenn man die Ursachen berücksichtigt, welche beim Stabeisen die genannten Zustände der Farbe und des Glanzes hervorbringen. — Wird glühendes Stabeisen in kaltem Wasser abgelöscht, so erlangt es hierdurch eine nur sehr wenig größere Härte als zuvor, und zwar ist diese Zunahme um so geringer, je ärmer an Kohlenstoff und fremden Bestandtheilen dasselbe war.

Festigkeit d. Stabeisens.

Festigkeit. Von großer Wichtigkeit für praktische Zwecke ist es, die Festigkeit des Stabeisens zu kennen, und es fehlt daher auch nicht an Versuchen über diesen Gegenstand. Daß diese Versuche keine sehr übereinstimmenden Resultate gegeben haben und geben konnten, ist eine unmittelbare Folge aus der schon mehrfach erwähnten, verschiedenartigen chemischen Beschaffenheit der Stabeisensorten. Was zuerst die absolute Festigkeit des Stabeisens betrifft, so stellt Karsten, hauptsächlich auf die Versuche von Musschenbroek, Soufflot, Rennie, Telford, Brown, Seguin und Brunel gestützt, die Regel auf, daß ein quadratischer Stab aus gutem Eisen, und von 1 Quadratzoll Rheinl. Querschnittsfläche, erst bei einem angehängten Gewichte von 58000 Berliner Pfunden zerreißen muß. Werden Stäbe von großem Querschnitte angewendet, so zerreißen dieselben bei einer verhältnißmäßig viel geringeren Belastung, während Stäbe von kleinerem Querschnitte eine verhältnißmäßig viel größere Belastung aushalten. Das Stabeisen folgt also nicht dem sonst allgemein gültigen Gesetze, daß die absolute Festigkeit von Stäben aus gleicher Masse im gleichen Verhältnisse mit den Querschnitten derselben steht. So trägt z. B. ein Eisenstab von $\frac{1}{4}$ Quadratzoll Rheinl. Querschnittsfläche nicht etwa $\frac{1}{4} \times 58000 = 14500$ Pfunde, sondern 17,500 Pfd. vor dem Zerreißen. Ebenso zerreißt ein Eisenstab von $\frac{1}{8}$ Quadratzoll Querschnitt nicht bei $\frac{1}{8} \times 58000 = 7250$, sondern erst

Absolute Festigkeit.

bei 9375 bis 10000 Pfd. Während also ein quadratischer Stab guten Eisens von 1 Zoll Seite bei 58000 Berl. Pfd. Belastung zerreißt, tritt die gemeinschaftliche Zerreißung von vier neben einander aufgehängten Eisenstäben, jeder von 1/4 Zoll Durchschnittsfläche (zusammen also ebenfalls 1 Quadratzoll Querschnitt) erst bei 70000 Pfd., und von acht neben einander aufgehängten Stäben, jeder von 1/8 Quadratzoll Querschnitt, erst bei 75 — 80000 Pfd. ein. Dies anscheinend sehr paradoxe Phänomen findet seine Erklärung leicht in dem, was über die Textur des Stabeisens angeführt wurde, daß nämlich gutes Stabeisen sein ursprüngliches, körniges Gefüge desto mehr in ein sehniges umändert, je dünner die Stangen sind, in welche man es ausreckt, je öfter es also die Walzen oder den Hammer hat passiren müssen. Guter Eisendraht hat daher die größte absolute Festigkeit. Drähte von der Dicke des gewöhnlichen Klavierdrahtes in solcher Anzahl neben einander aufgehängt, daß ihre sämmtlichen Querschnitte zusammengenommen 1 Quadratzoll ausmachen, vermögen eine Belastung von etwa 130,000 Berl. Pfd. zu tragen. — Von jeder der eben angegebenen Maximum-Belastungen darf in der Praxis, wenn man Eisenstangen und Drähte zum Tragen von Lasten benutzen will, nur etwa die Hälfte angewendet werden, indem hierdurch die Elasticitätsgrenze des Stabeisens noch nicht merklich überschritten wird. Wenn man z. B. einen Eisenstab von 1 Quadratzoll Querschnitt, welcher bei 58000 Berl. Pfd. zerreißen würde, mit 29000 Pfd. belastet, so erleidet derselbe, vermittelst seiner Elasticität, eine geringe Ausdehnung, welche aber fast ganz wieder verschwindet, sobald die Belastung entfernt wird*). Nach Tredgold's und Duleau's Versuchen ist diese Elasticitätsgrenze geringer. Ersterer fand nämlich, daß ein Eisenstab von 1 Quadratzoll Querschnitt nicht viel über 18233 Pfd. (nach Lagerhjelm 19512 Pfd.) tragen könne, ohne eine, auch nach der Fortschaffung der Belastung, bleibende Dehnung zu erhalten. Die wieder verschwindende Dehnung beträgt nach Tredgold $^1/_{1401}$ = 1,000714, nach Duleau 1,000620, nach Lagerhjelm 0,000933 — 0,001558 von der Länge des Stabes. Bei geglühtem (aber nicht hierbei ausgerecktem) und darauf langsam erkaltetem Stabeisen ist die absolute Festigkeit, so wie auch die Elasticitätsgrenze geringer als bei anderem. Beide sind auch weniger groß in einem über den

*) Werthheim folgert aus seinen Untersuchungen über die Elasticität und Cohäsion der Metalle (Poggendorff's Ann. Bd. 57, S. 382, und Ergänzungsband 2, S. 1, 73 und 79), daß es keine wahre Elasticitätsgrenze gebe, sondern daß jede Belastung, wenn sie lange genug wirke, eine verhältnißmäßige constante Verlängerung zur Folge habe.

Kochpunkt des Wassers erwärmten, als in einem kalten Eisenstabe. Zwischen 0° und 100° C. scheinen sie keinen bedeutenden Veränderungen unterworfen zu seyn.

Sehr zahlreiche und ausführliche Versuche über die absolute Festigkeit verschiedener, größtentheils auf Hannöverschen Hüttenwerken dargestellten Stabeisensorten sind neuerlich von einer durch die Hannöversche Regierung dazu ernannten Commission (Hausmann, Jordan, Werlisch, Bartels und Wendelstadt) unter Mitwirkung mehrerer anderer Sachverständigen (Henschel, Koch, Gerland und Schrönn) angestellt und von Hausmann in den Stud. des Götting. Vereins Bd. 4, S. 285—345, beschrieben worden. Einige der bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

1.	2.	3.	4.	5.
Angewendete Stabeisensorte.	Annähernde Elasticitäts-Grenze.	Ausdehnungs-Quotient für diese Grenze.	Ausdehn.-Quotient f. d. Zerreißung.	Absolute Festigkeit f. 1 □ Zoll in Pfunden.
Geschmiedetes Stabeisen im ordin. Zustande (aus $^2/_3$ Sollinger und $^1/_3$ Gitteldeschem Roheisen).	23393 24024	0,000688 0,000639	0,054 0,096	65476 66234
Gewalztes Stabeisen im ordinären Zustande (aus demselben Roheisen).	19835 20642	0,000983 0,000688	0,193 0,156	58007 58923
Geschmiedetes Stabeisen, raffinirt (aus demselben Roheisen).	24405 27898	0,000934 0,000983	0,074 0,029	66468 57958
Gewalztes Stabeisen raffinirt (aus demselben Roheisen).	26306 23964	0,000885 0,000835	0,079 0,098	56577 58378
Geschmiedetes Stabeisen im ordinären Zustande (aus Gitteldeschem Roheisen).	23989 21063	0,000885 0,000737	0,103 0,127	56397 61449
Gewalztes Stabeisen im ordinären Zustande (aus demselben Roheisen).	24292 21144	0,000885 0,000786	0,108 0,197	58995 59202
Geschmiedetes Stabeisen, raffinirt (aus demselben Roheisen).	24240 37904	0,000885 0,001229	0,109 0,085	62537 62138
Gewalztes Stabeisen, raffinirt (aus demselben Roheisen).	33676 28898	0,000983 0,001081	0,167 0,146	61644 61362
Königshütter Stabeisen vom Durchbrechfrischen (aus Steinrenner Roheisen).	31981 27047	0,000983 0,000737	0,029 0,089	53728 54459

1.	2.	3.	4.	5.
Angewendete Stabeisensorte.	Annähernde Elasticitäts-Grenze.	Ausdehnungs-Quotient für diese Grenze.	Ausdehn.-Quotient f. d. Zerreißung.	Absolute Festigkeit f. 1 □Zoll in Pfunden.
Dasselbe Stabeisen, raffinirt . .	27017	0,000835	0,058	57648
Königshütter Stabeisen vom Klumpfrischen (aus demselben Roheisen).	19123	0,000688	0,094	55087
	37691	0,001081	0,035	55941
Dasselbe Stabeisen, raffinirt . . .	25299	0,000934	0,131	58290
Englisches Stabeisen, raffinirt u. gewalzt	28444	0,001032	0,147	55466

Zum genauen Verständniß dieser Tabelle dienen folgende Bemerkungen. 1) Zu allen Versuchen wurden Stäbe von 1017 Millimet. Länge angewendet, d. h. ein solcher Abstand befand sich zwischen dem Angriffspunkte der dehnenden Kraft und der Stelle, an welcher der Stab eingespannt war. Die Dehnung geschah nicht mittelst angehängter Gewichte, sondern durch eine hydraulische Presse. Der Querschnitt der annähernd quadratischen Stäbe betrug theils etwas mehr, theils etwas weniger als 1/2 □Zoll Rheinl. 2) Unter **annähernder Elasticitäts-Grenze** wird keine absolute, sondern eine solche Grenze der Elasticität verstanden, bei welcher der Eisenstab, nach aufgehörter Wirkung der dehnenden Kraft, nicht genau seine ursprüngliche Länge wieder annimmt, sondern um 1/2 Millimet. länger geworden ist. 3) Der **Ausdehnungs-Coefficient für diese Elasticitätsgrenze** bezeichnet denjenigen Längenzuwachs des Eisenstabes, welcher bei Erreichung jener Grenze und unter noch wirkender dehnender Kraft stattfand. 4) Durch den **Ausdehnungs-Coefficienten für die Zerreißung** wird dagegen die unmittelbar vor der Zerreißung des Stabes stattgefundene Verlängerung angegeben. 5) Die **absolute Festigkeit** ist auf einen Querschnitt von 1 □Zoll Rheinl. reducirt und in Pfunden Cöln. ausgedrückt. Endlich ist noch, in Betreff eines Vergleiches dieser Versuche mit denen von **Tredgold** und **Lagerhjelm**, zu bemerken, daß diese beiden Forscher die absolute Elasticitätsgrenze und den darauf bezüglichen Ausdehnungs-Quotienten nicht **direkt** durch Dehnung bestimmten, sondern nach der Theorie seitlicher Biegung berechneten. — Aus den angeführten Versuchen ergibt sich unter Anderem: 1) daß die absolute Festigkeit der geprüften Stäbe zwischen 54000 und 66000 schwankte, 2) daß geschmiedetes Stabeisen eine etwas größere Festigkeit zu besitzen pflegt als gewalztes, 3) daß die absolute Elasticitäts-Grenze, so wie die größere oder geringere Dehnbarkeit des Stabeisens mit der Festigkeit desselben in keinem unmittelbaren Zusammenhange zu stehen scheint.

Festigkeit geschmied. u. gewalzt. Stabeisens.

Relative Festigkeit.

Ueber die relative Festigkeit des Stabeisens mangeln bis jetzt noch hinreichende Versuche. Das Wenige, welches darüber bekannt ist, bezieht sich hauptsächlich auf die Kraft, die erfordert wird, um einen Eisenstab von gegebener Dicke zu zerbrechen, aber nicht auf das Belastungs-Maximum, welches ein mit einem Ende befestigter, horizontaler, oder auch ein mit beiden Enden aufliegender Eisenstab zu tragen vermag, ohne daß die Ueberschreitung seiner Elasticitätsgrenze zu befürchten steht. — Die rückwirkende Festigkeit des Stabeisens ist von Rondelet untersucht worden. Derselbe fand, daß ein Gewicht von etwa 72000 Preußischen Pfunden dazu gehört, um einen Stabeisenwürfel von 1 Zoll Seite zu zerdrücken. Würfel von kleineren Dimensionen, z. B. von 1/2 Zoll Seite, erfordern etwa denselben Druck.

Rückwirkende Festigkeit.

Festigkeits-Veränderung.

Die vorhin erwähnten Einwirkungen, welche die Textur des Stabeisens verändern, haben natürlich auch eine entsprechende Veränderung der Festigkeit desselben zur Folge. J. Nasmyth (Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 2, S. 874) ist der Meinung, daß die gewöhnliche Ursache des Brechens der Achsen von Eisenbahnwagen weniger in dem Drucke und den Stößen zu suchen sey, denen diese Achsen während ihres Gebrauches ausgesetzt sind, sondern daß ihre Zerbrechlichkeit vorzugsweise von einer unrichtigen Behandlung beim Schmieden derselben herrühre. Man pflegt nämlich den heiß geschmiedeten Achsen dadurch ihre letzte Ausbildung in der Form zu geben, daß man sie nach dem Erkalten zwischen zwei verstählten eisernen Gesenken (swags) hämmert. Die durch dieses Kalthämmern unvermeidlich hervorgebrachte Festigkeits-Verminderung läßt sich aber, nach J. Nasmyth, durch nachheriges Erhitzen des Eisens bis zum dunkeln Rothglühen nicht allein wieder aufheben, sondern das Eisen erlangt dadurch sogar einen bedeutend höheren Festigkeitsgrad, als es zuvor besaß.

Mushet (Bergwerksfreund Bd. 8, S. 42) und Wachler (ebendaselbst Bd. 9, S. 257) haben sich darüber ausgesprochen, daß Stabeisen, welches aus einem mit erhitzter Luft erblasenen Roheisen dargestellt wurde, dem aus kalt erblasenem Roheisen erzeugten Stabeisen an Festigkeit nicht nachsteht.

Geschmeidigkeit des Stabeisens.

Die Geschmeidigkeit des Stabeisens ist nicht ganz so groß wie die des chemisch reinen Eisens, aber bedeutend genug, um dem Stabeisen eine der ersten Stellen unter den geschmeidigen Metallen einzuräumen. Der Grad der Geschmeidigkeit eines Metalls ist der Complex seiner Härte und Festigkeit. Es gehört eine gewisse Weichheit dazu, daß ein Metall einem nicht starken mechanischen Druck oder Stoß nachgebe, indem es an den Angriffspunkten der Kraft ausweicht; aber es wird zur Geschmeidig-

keit zugleich ein Grad der Festigkeit erfordert, welcher verhindert, daß das Metall bei diesem Ausweichen nicht seinen Zusammenhang verliere.

Worauf die Geschmeidigkeit beruht.

Ein hartes Metall ohne große Festigkeit wird nicht geschmeidig seyn können, weil die Kraft, welche dazu gehört, seine Form zu ändern, auch schon hinreichend seyn kann, den Zusammenhang seiner Theile aufzuheben. Dies ist der Fall bei vielen der härteren Metalle, die sich leicht pulvern lassen. Ein hartes Metall mit bedeutender Festigkeit kann aber geschmeidig seyn, sobald nur Härte und Festigkeit in dem richtigen Verhältnisse stehen. Hierzu liefern die härteren Sorten des Stabeisens und der ungehärtete Stahl Belege. Ist ein Metall weich, und besitzt doch zugleich eine verhältnißmäßig große Festigkeit, so werden offenbar die höchsten Grade der Geschmeidigkeit, wie sie sich z. B. beim Golde und Silber, und zum Theil auch bei den weichsten Stabeisensorten finden, erreicht werden müssen. Ist endlich ein Metall weich und nicht verhältnißmäßig fest, so kann hierdurch wohl eine Art von Knetbarkeit, eine leichte Verschiebbarkeit der Theile bewirkt werden, aber es sind nicht die günstigsten Bedingungen vorhanden, demselben eine ausgezeichnete Geschmeidigkeit zu ertheilen, von der man besonders verlangt, daß sich das Metall zu den dünnsten Platten aushämmern oder auswalzen, und zu den feinsten Dråhten ausziehen lassen muß. Hiervon giebt das Blei ein instruktives Beispiel. — Es sind besonders drei Umstände, welche einen großen Einfluß auf die Geschmeidigkeit des Stabeisens, so wie überhaupt auf die eines jeden anderen Metalls ausüben, nämlich 1) die Temperatur, 2) die chemische Beschaffenheit und 3) die mechanische Anordnung. Was zuerst die Temperatur betrifft, so ist es eine bekannte Thatsache, daß alle Metalle mit zunehmender Kälte spröder, mit zunehmender Wärme aber meist geschmeidiger werden. Stabeisen kann jedoch nicht leicht so stark abgekühlt werden, daß es, ähnlich dem Stahle, bei den ersten Hammerschlägen zerspringt. Durch Erhitzen bis zum Glühen wächst seine Geschmeidigkeit bedeutend, indem es an Weichheit zunimmt und seine Festigkeit nicht unverhältnißmäßig vermindert wird. Die chemische Beschaffenheit des Stabeisens ist unleugbar vom größten Einflusse auf dessen Geschmeidigkeit. Diejenigen zufälligen Bestandtheile, deren Beimischung das Stabeisen am häufigsten ausgesetzt ist, und die seine Geschmeidigkeit am meisten beeinträchtigen, sind: Schwefel, Phosphor und Silicium. Ein kleiner Gehalt an Schwefel wirkt, bei gewöhnlicher Temperatur, nicht merklich nachtheilig auf die Geschmeidigkeit des Stabeisens, aber, nach K a r s t e n sind schon 0,03 Procent Schwefel hinreichend, um das Eisen, wie der praktische Ausdruck dafür lautet, r o t h b r ü c h i g zu machen, d. h. leicht brechend, brüchig in der Rothglühhitze. Nach S c h a f h ä u t l soll diese schädliche Wirkung erst bei einem beträchtlich höheren Schwefelgehalte eintreten.

Phosphor ruft den entgegengesetzten Nachtheil hervor; etwa 1 Procent desselben macht das Eisen schon kaltbrüchig, brüchig bei gewöhnlicher Temperatur. Silicium hat eine ähnliche Wirkung wie Phosphor, aber noch in einem höheren Grade, denn schon etwa 0,3 Procent desselben verursachen Kaltbruch des Eisens. Ein bedeutender Siliciumgehalt pflegt jedoch selten im Stabeisen vorhanden zu seyn, da es leicht ist, denselben beim Frischprocesse fortzuschaffen. Ein Gehalt an Mangan scheint für die Geschmeidigkeit des Stabeisens nichts weniger als nachtheilig. Was endlich den dritten wichtigen Umstand bei der Geschmeidigkeit des Stabeisens, die mechanische Anordnung, anbelangt, so ist hiermit gemeint, daß die Molekule des Eisens eine Anordnung haben können, welche der Geschmeidigkeit entgegenwirkt. Eine solche innere Theil-Anordnung wird in einem Eisenstabe z. B. durch lange fortgesetztes Hämmern hervorgebracht. Er gewinnt hierdurch sehr an Elasticität, verliert aber an Weichheit und besonders Geschmeidigkeit. Nur durch Ausglühen kann ihm seine vorige Geschmeidigkeit wiedergegeben werden. Auch Stabeisen, jedoch vorzüglich nur das kohlenstoffreichere, welches glühend im Wasser abgelöscht wird, büßt einen geringen Theil seiner Duktilität ein.

Spec. Gew. des Stabeisens

Das specifische Gewicht des Stabeisens variirt etwa zwischen den Grenzen 7,3 und 7,9, läßt sich also durchschnittlich zu 7,6 annehmen. Im Allgemeinen hat gutes Stabeisen ein specifisches Gewicht, welches diesem mittleren nahe kommt; jedoch fehlt es auch nicht an Beispielen, die beweisen, daß gute Stabeisensorten sowohl eine größere als geringere specifische Schwere haben können. Umstände mechanischer Art sind hierbei zuweilen mitwirkend. Karsten ermittelte, daß Eisen, welches in Stäben von 4 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke ein specifisches Gewicht von 7,8010 besaß, dasselbe bis zu 7,8621 vergrößerte, als es zu einem sehr dünnen Bleche ausgewalzt wurde. Ebenso fand er, daß Eisen von 7,7938 spec. Gewicht bis zum schwächsten Draht ausgezogen, ein spec. Gewicht von 7,8425 erhielt. — Für praktische Zwecke kann man das absolute Gewicht eines Preußischen Cubikfußes Stabeisen zu 514 Preußischen Pfunden, das eines Cubikzolles also zu 9,52 Loth annehmen.

Verhalten des Stabeisens zur Wärme.

Verhalten des Stabeisens zur Wärme. — Das Wärmestrahlungs-Vermögen des Eisens ist größer, als das des Goldes, Silbers, Kupfers und Zinnes, aber kleiner, als das des Quecksilbers und Bleies. Hat man also gleichgroße und gleichwarme polirte Oberflächen dieser Metalle, so wird Eisen, in einem gegebenen Zeitraume, mehr Wärme als die erstgenannten, und weniger als die letztgenannten Metalle ausstrahlen. Ruß und Wasser besitzen fast ganz gleiches, und zwar das größte Wärmestrahlungsvermögen. Setzt man dies = 100, so ist das des Eisens = 15, während das der erstgenannten Metalle etwa

= 12 und das der letztgenannten = 20 ist. — Die specifische Wärme sehr reinen Stabeisens ist nach Dulong und Petit = 0,1100, nach Regnault = 0,11379. Kohlenstoffreiches Stabeisen hat eine etwas größere specifische Wärme; ein Gleiches ist auch meist mit unreinem Stabeisen der Fall. — Weber hat gezeigt, daß die Temperatur des Eisens um 100° C. erhöht oder erniedrigt wird, nachdem man dessen Volumen entweder durch Druck um $^1/_{18}$ vermindert, oder durch Ausdehnung um ein Gleiches vermehrt. — Nach Despretz's Versuchen verhält sich das Wärmeleitungs-Vermögen des Eisens zu dem des Goldes wie 374,3 zu 1000. — Ueber die Ausdehnung des Stabeisens durch die Wärme sind eine nicht unbedeutende Anzahl von Versuchen angestellt worden. Die ausführlichsten und genauesten derselben dürften die von Hällström und von Dulong und Petit seyn. Hällström untersuchte diese Ausdehnung zwischen den Temperaturen — 40° C. und + 100° C., und erhielt dabei folgende Resultate:

Temperatur:	Länge des Eisens:
— 40° C.	0,999682
— 30°	0,999721
— 20°	0,999811
— 10°	0,999904
0°	1,000000
+ 10°	1,000102
+ 20°	1,000211
+ 30°	1,000328
+ 40°	1,000453
+ 50°	1,000588
+ 60°	1,000734
+ 70°	1,000892
+ 80°	1,001063
+ 90°	1,001247
+ 100°	1,001446

Das zu diesen Versuchen angewendete Stabeisen hatte bei 19° C. ein specif. Gewicht von 7,737. Davy fand, daß Stabeisen sich zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte um 0,00126 ausdehnt. Dulong's und Petit's Untersuchungen gaben Resultate, welche mit denen von Hällström nicht gut übereinstimmen. Sie fanden nämlich den Coefficienten für die Längenausdehnung, für jeden Grad zwischen 0° und 100° C. = $^1/_{84600}$, die ganze Längenausdehnung zwischen Gefrier- und Siedepunkt also = $^1/_{846}$, während dieselbe nach Hällström = 1,001446 oder $^1/_{694}$ ist. Möglicher Weise hat die Beschaffenheit des Stabeisens zu dieser Abwei-

chung Veranlassung gegeben. Für jeden Grad zwischen 100° C. und 300° C. (etwa der Schmelzpunkt des Bleies) bestimmten Dulong und Petit den Längenausdehnungs-Coefficienten zu $^1/_{68100}$. Rinman ermittelte die Längenzunahme eines rothglühenden Eisenstabes, der bis zur Weißgluth erhitzt wurde, zu $^3/_{560}$. Derselbe giebt die ganze Längenausdehnung, welche Stabeisen zwischen einer Temperatur von etwa 20° C. bis zur Weißglühhitze erleidet, zu $^7/_{360}$ an.

Schmelzpunkt des Stabeisens.

Der Schmelzpunkt des Stabeisens ist noch nicht mit Genauigkeit ermittelt; man weiß nur so viel, daß derselbe zwischen den Schmelzpunkten des Roheisens und Platins liegt. Die Temperatur, bei welcher Roheisen und die, bei welcher Platin schmilzt, sind aber nur annäherungsweise bekannt, erstere mag etwa 1500° — 1700° C., und letztere 2500° — 2600° C. seyn, so daß sich der Schmelzpunkt des Stabeisens, in runder Zahl, allenfalls auf 2000° C. schätzen läßt.

Schweißbarkeit des Stabeisens.

Wird Stabeisen bis zum Weißglühen erhitzt, so erweicht dasselbe in einem solchen Grade, daß es leicht mechanische Eindrücke annimmt, sich biegen, walzen und durch den Hammer bearbeiten läßt. Das Eintreten dieses Zustandes großer Duktilität geschieht nicht plötzlich; schon bei der Rothglühhitze wird das Stabeisen merklich weicher, und fährt nun fort, bei steigender Temperatur, an Weichheit zuzunehmen, bis es beim Weißglühen endlich eine gewisse, wachsartige Knetbarkeit erlangt, welche, bei noch mehr erhöhter Temperatur, zuletzt in wirkliche Flüssigkeit übergeht. Werden zwei weißglühende Stücke Stabeisen an einander gelegt, so können dieselben durch Hammerschläge, Pressen u. dgl. zu einem einzigen Stücke vereinigt, gewissermaßen verknetet werden. Die Vereinigung zweier Stabeisenstücke auf diese Weise ist so innig, daß beide nun durchaus als Eins zu betrachten sind, indem keine mechanische Gewalt im Stande ist, dieselben genau an der Stelle wieder zu trennen, wo die Zusammenfügung geschah. Diese Eigenschaft des Stabeisens, sich in der Weißglühhitze durch mechanischen Druck bleibend an einander fügen zu lassen, bezeichnet man mit dem Namen der Schweißbarkeit. Diese Benennung ist offenbar eine etwas unlogische Ableitung aus dem Worte »Schweißhitze«, womit man die Weißglühhitze, wenn von ihr mit Beziehung auf das Stabeisen die Rede ist, zu bezeichnen pflegt. Stabeisen, welches zwischen Kohlen bis zur Weißgluth erhitzt wird, bedeckt sich nämlich mit einer leichtflüssigen Schlacke (von deren Entstehungsart weiter unten die Rede seyn wird), welche, beim Herausziehen des weißglühenden Eisens aus den Kohlen, theils abtropft, theils durch die Hammerschläge umhergeschleudert wird. Das Eisen scheint alsdann gewissermaßen zu schwitzen; und daher mag wohl obige Benennung kommen. Die Schweißbarkeit kommt, außer dem Eisen, nur noch dem Platin zu. Warum nicht andere Metalle schweißbar sind,

findet seine Erklärung in Folgendem. Das erste Erforderniß zur Schweißbarkeit eines Metalls ist eine schon weit vor seinem Schmelzpunkte eintretende allmälige Erweichung, welche bei keinem anderen Metalle in vollkommnerer Art, als bei Platin und Eisen stattfindet. Zwar alle Metalle erweichen in der Glühhitze mehr oder weniger, aber entweder nicht hinreichend, oder ihr Schmelzpunkt liegt dieser Erweichung so nahe, daß es sehr schwierig wird, den rechten Hitzpunkt zu treffen. Gold und Silber schmelzen fast plötzlich, ohne vorher merklich erweicht gewesen zu seyn*); einige der unedlen Metalle zeigen aber in dieser Hinsicht günstigeres Verhalten, und sie würden sich vielleicht schweißen lassen, wenn sie eine zweite, ebenso wichtige Bedingung erfüllten. Diese besteht darin, daß der mechanischen Vereinigung zweier glühend erweichten Metallstücke keine, durch das Glühen gebildete, Oxydschicht hindernd im Wege ist. Beim Platin ist dies natürlicher Weise durchaus nicht der Fall, weil sich dasselbe bei keiner Temperatur durch den Sauerstoff der Luft oxydirt, also auch in der Weißglühhitze eine vollkommen reine, metallische Oberfläche besitzt, die dem Zusammenschweißen zweier Platinstücke kein Hinderniß in den Weg legt. Man sollte also meinen, daß sich das Eisen, wegen seiner leichten Oxydirbarkeit, nicht schweißen lassen könnte, indem es sich bekanntlich in höheren Temperaturen sehr schnell mit einer Oxyd-Oxydulschicht bedeckt. Nur zum Theil kann dies verhindert werden, daß man die Eisenstäbe zwischen Kohlen erhitzt; mehr aber als dieser Umstand trägt, zur Fortschaffung dieser Schicht oxydirten Eisens, die Anwesenheit von Kieselerde bei, welche in jedem Schmiedefeuer stattfindet. Nicht nur daß, durch Verbrennung der Kohlen, kieselerdehaltige Asche auf dem Heerde zurückbleibt, sondern man bestreut auch oft die zu schweißenden Eisenstangen mit reinem Quarzsande. Dies hat seinen guten Grund. Eisenoxyduloxyd, noch mehr aber reines Eisenoxydul, giebt mit Kieselerde eine leicht- und dünnflüssige Schlacke. Diese ist es, welche vom schweißwarmen Eisen abtropft und durch Hammerschläge umhergeschleudert wird. Ueberzieht sich also weißglühendes Stabeisen mit einer dünnen Schicht dieser Schlacke, so kann diese dem Schweißen kein Hinderniß seyn, weil sie, durch starken mechanischen Druck, zwischen den auf einander gelegten Eisenstücken leicht ausgepreßt wird, und die reine metallische Oberfläche des Eisens zurückläßt. Wäre aber auch wirklich stellenweise eine mit einer dünnen Oxyd-Oxydul-Haut überzogene Oberfläche vorhanden (die dickeren Häute springen leicht bei den ersten Hammerschlägen ab, welche der Schmied auf die Eisenstäbe thut, ehe er

*) Nach Fournet (Erdmann's und Marchand's Journ. für prakt. Chemie Bd. 22, S. 437) können Gold und Silber geschweißt werden, wenn man sie in Pulverform anwendet und mit der gehörigen Vorsicht behandelt.

sie auf einander legt), so würde dies das feste Zusammenhalten der an einander geschweißten und darauf erkalteten Eisenstücke durchaus nicht beeinträchtigen. Man kann nämlich annehmen, daß, wenn eine dünne Oxyd-Oxydul-Schicht zwischen zwei weißglühenden Eisenstücken liegt, dieselbe leicht und schnell reducirt wird, weil der Kohlenstoffgehalt des Stabeisens bei dieser Temperatur augenblicklich reducirend auf die oxydirte Haut einwirkt. Aus diesem Grunde erhält man eben, wie früher angeführt, reines Eisen, wenn Eisenoxyd oder Eisenoxydul und Stabeisen zusammengeschmolzen werden. An solchen Stellen, wo die Schweißstücke mit einer dünnen oxydischen Haut bedeckt waren, wird also gewissermaßen Stabeisen an Stabeisen durch kohlenstofffreies Eisen festgelöthet. Daß diese Art der Befestigung übrigens nicht ganz unwesentlich ist, ersieht man daraus, daß verbranntes Eisen (Stabeisen, welches durch zu lange Schweißhitze seinen Kohlenstoffgehalt fast gänzlich verloren hat) sich fast gar nicht, oder doch nur äußerst schwierig und unvollkommen schweißen läßt.

Verhalten des Stabeisens zum Magnetismus. Verhalten des Stabeis. zum Magnetismus. — Stabeisen äußert eine noch lebhaftere Wirkung auf die Magnetnadel als Stahl, und wird durch Bestreichen mittelst eines Magnetes noch schneller magnetisch als dieser, vermag aber den Magnetismus nicht so dauernd zu fesseln. Eine Magnetnadel, aus Stabeisen angefertigt, würde nach sehr kurzer Zeit ihren Magnetismus fast gänzlich wieder einbüßen, wie stark derselbe auch anfangs gewesen seyn mag. Je weniger Kohlenstoff das Stabeisen enthält, desto schneller schwindet die ihm beigebrachte magnetische Polarität. Es scheint also hiernach, daß ein gewisser Kohlenstoffgehalt durchaus nothwendig ist, um die magnetische Kraft dauernd an das Eisen zu binden. Ob hierbei der Kohlenstoff als solcher wirkt, oder ob derselbe nur eine gewisse, für die Zurückhaltung der magnetischen Kraft günstige Anordnung der Eisenmolekule hervorruft (eine Anordnung, welche also vielleicht auch durch andere Stoffe als Kohle bewirkt werden könnte), ist bisher noch keineswegs ausgemacht. — Stellt oder hängt man einen Eisenstab in annähernd senkrechte Richtung, so wird derselbe mit der Zeit magnetisch. Nach Torelli de Narci ist dies schon der Fall, wenn der Eisenstab mit dem Horizont einen Winkel von mehr als 20° macht. — Durch Rothglühen wird der Magnetismus des Eisens fast ganz, durch Weißglühhitze gänzlich zerstört.

Verhalten des Stabeisens zur Elektricität. Verhalten des Stabeisens zur Elektricität. — Das Stabeisen gehört zu den schlechteren elektrischen Leitern unter den Metallen. Wird das elektrische Leitungsvermögen des Kupfers = 100 gesetzt, so ist das des Eisens nach Harris = 20, nach Becquerel = 15,8 und nach Lenz = 17,74. Lenz ermittelte, daß die Temperatur großen Einfluß auf die Leitungsfähigkeit eines Metalls ausübt. Bei 0° C. war das Verhältniß zwischen dem Leitungsvermögen des Kupfers und dem des

Eisens, wie oben angegeben; bei 100° C. war ersteres 73,00 und letzteres 10,87, bei 200° C. ersteres 54,82, letzteres 7,00.

Oxydirbarkeit des Stabeisens.

Oxydirbarkeit des Stabeisens. — Ein Stück blankes Stabeisen kann lange Zeit in völlig trockner Luft, oder unter luftfreiem (ausgekochtem) Wasser aufbewahrt werden, ohne daß es, durch beginnende Oxydation, seinen Glanz im Mindesten einbüßt. Sobald aber Feuchtigkeit und Luft zusammen auf das Eisen wirken, tritt eine allmälige Oxydation ein, die um so schneller überhand nimmt, je mehr sie durch die Gegenwart von Kohlensäure unterstützt wird. Diese letztere giebt ohne Zweifel, sobald nicht stärkere Säuren vorhanden sind, den hauptsächlichsten Stimulus beim Rosten des Eisens ab. Nichts desto weniger kann aber Eisen in trocknem Kohlensäuregas aufbewahrt werden, ohne zu rosten. Nach Marshal Hall soll Eisen in stark mit Kohlensäure geschwängertem Wasser sehr schnell, und sogar unter sichtbarer Wasserstoffgas-Entwicklung oxydirt werden. Wenn Luft, Feuchtigkeit und Kohlensäure gemeinschaftlich auf Eisen wirken, so wird wahrscheinlich zuerst nur kohlensaures Eisenoxydul gebildet, welches sich dann zu Eisenoxyd-Hydrat, oder, wie Karsten angiebt, zu einer Verbindung von diesem mit basisch-kohlensaurem Eisenoxyd umändert. Das Eisenoxydul erhielt hierbei seinen Sauerstoff ohne Zweifel aus der Luft, und nicht aus dem Wasser, wobei Wasserstoff frei werden müßte, von dem man hierbei irrigerweise annahm, daß er mit Stickstoff aus der Luft Ammoniak bilde, da in der That aller Eisenrost, ja sogar manches natürlich vorkommende Eisenoxyd beim Erhitzen Spuren von Ammoniak entwickelt. Allein dies ist wahrscheinlich nur aus der Luft absorbirtes, darin vorhanden gewesenes Ammoniak. Aber nicht bloß entschieden elektronegative und sauer reagirende Stoffe, wie Kohlensäure, bewirken das Rosten des Eisens, sondern auch völlig neutrale Salze befördern dasselbe, wenn sie entweder in Wasser aufgelöst werden, unter welchem Eisen aufbewahrt wird, oder wenn man sie in Pulvergestalt auf das sich an einem feuchten Orte befindende Eisen streut. In diesem Falle scheint aber der Eisenrost stets aus einem sehr basischen Salze (vielleicht einer ähnlichen Verbindung, wie sie Karsten bei der Einwirkung von Kohlensäure auf Eisen fand) zu bestehen, welches einen kleinen Theil der Säure des im Wasser aufgelösten Salzes enthält. Löst man, anstatt eines neutral reagirenden Salzes, einen alkalisch reagirenden Stoff, wie Aetzkali, kaustischen Kalk u. s. w. in Wasser auf, und legt darauf blankes Eisen in dasselbe, so wird das Rosten gänzlich verhindert. Allerdings ist hierbei das Vorhandenseyn einer gewissen Menge dieser alkalischen Stoffe im Wasser erforderlich. Payen fand, daß eine gesättigte (?) Kalilauge, welche mit 1000 bis 2000 Thln. Wasser verdünnt wird, das Rosten des Eisens noch gänzlich verhindert, während eine solche, mit 3000 bis 4000 Thln. Wasser

verdünnte Lauge dies nicht mehr vermag. Gesättigtes Kalkwasser (etwa $^1/_{1000}$ Kalk enthaltend) mit dreimal so viel Wasser verdünnt, schützt eine blanke Eisenoberfläche gegen Rost, mit viermal so viel Wasser verdünnt dagegen nicht mehr. Von neutralen kohlensauren Alkalien werden hierzu verhältnißmäßig weit concentrirtere Auflösungen erfordert, als von kaustischen. Eine gesättigte Solution von neutralem kohlensauren Natron darf mit nicht mehr als etwa 50 und einigen Theilen Wasser verdünnt werden; bei einer etwa 60fachen Verdünnung hört ihre schützende Wirkung auf. Die wahrscheinlichste und einfachste Erklärung dieser Thatsachen beruht sicherlich in der Absorption der Kohlensäure durch die angeführten Substanzen. Die neutralen kohlensauren Alkalien sind zwar schon mit dieser Säure verbunden, allein sie vermögen noch eine größere Quantität derselben aufzunehmen. Daß übrigens hierbei auch eine Wirkung durch galvanischen Contakt stattfindet, welche das Eisen, in Berührung mit jenen elektro-positiven Körpern, elektro-negativ und also unempfänglich gegen die Verbindung mit Sauerstoff macht, läßt sich nicht leugnen. Es giebt sogar ein Mittel, das Eisen vor dem Rosten zu bewahren, welches allein auf dieser Wirkung beruht. Auf das blank polirte Eisen werden nämlich an einigen Stellen Zinkplatten festgenietet, wodurch, da das Zink ein mehr elektro-positives Metall als Eisen ist, das letztere also ebenfalls elektro-negativ wird. Die hierdurch hervorgebrachte schützende Wirkung ist aber nicht groß, und scheint namentlich nur bis zu einem gewissen Abstande von der Zinkplatte thätig zu seyn; sollen große Oberflächen durch Zink geschützt werden, so werden hierzu mehrere, an verschiedenen Stellen angebrachte Zinkplatten erfordert. Ferner ist erforderlich, daß die Oberfläche des Eisens nicht schon zuvor etwas gerostet war, namentlich aber nicht an den Stellen, wo die Zinkplatten festgenietet werden. Eins der einfachsten Schutzmittel gegen das Rosten des Eisens, welches sich aber allerdings nicht in allen Fällen gebrauchen läßt, besteht darin, einen dünnen Ueberzug von einem trocknenden Oele, wie Leinöl oder Hanföl, anzuwenden. — Bei einer Temperatur von etwa 230° C. erlangt das Eisen die Eigenschaft, sich auf Kosten des Sauerstoffs der Luft zu oxydiren. Seine polirte Oberfläche überzieht sich alsdann, in Folge der eintretenden Oxydation, mit einer äußerst dünnen Haut, welche bei steigender Temperatur an Dicke zunimmt. Hierdurch entstehen die sogenannten Anlauffarben, von denen ausführlicher beim Stahle die Rede seyn soll. Durch anhaltendes starkes Glühen beim Zutritt der Luft kann Stabeisen mit einer dicken oxydischen Schicht umgeben werden, welche, dem Eisen zunächst, vorherrschend aus Eisenoxydul (nach Mosander $6\,\dot{Fe} + \ddot{Fe}$), der Oberfläche zunächst dagegen, annähernd aus dem gewöhnlichen Oxyd-Oxydul ($\dot{Fe} + \ddot{Fe}$) besteht. Bei sehr anhaltendem Glühen und gutem Luftzutritte verwandeln sich die

Oxydirbarkeit bei höherer Temperatur.

äußersten Lagen dieser Schicht nach und nach in reines Eisenoxyd. In starker Weißglühhitze verbrennt das Stabeisen unter heftigem Funkensprühen, und man kann, wenn die Hitze stark genug war, dieses Verbrennen durch Anblasen, mittelst eines Blasebalgs, befördern. — Wird Stabeisen, z. B. Eisendraht, bei einer Temperatur von etwa 360° C. (dem Kochpunkte des Quecksilbers) der Einwirkung von Wasserdämpfen ausgesetzt, so wird das Wasser zerlegt, Wasserstoff wird frei und das Eisen bedeckt sich mit einer Schicht von Oxyd-Oxydul. Sehr paradox erscheint es auf den ersten Blick, daß, wenn dieses Oxyd fein gepulvert und nun, bei derselben Temperatur (360° C.), Wasserstoff darüber geleitet wird, man wieder metallisches Eisen erhält. Um diese Thatsache erklären zu können, muß man, wie Berzelius erinnert, an das von Berthollet entdeckte Gesetz denken, nämlich: »daß die Wirkung einer Verwandtschaft sowohl vom Grade der Verwandtschaft selbst, als von der Menge des einwirkenden Körpers herrührt.«

Auflösbarkeit des Stabeisens.

Auflösbarkeit des Stabeisens. — Eisen wird, selbst durch die schwächsten Säuren, oxydirt und in diesem Zustande von der überschüssigen Säure aufgelöst, vorausgesetzt, daß diese mit dem gebildeten Oxyde des Eisens ein in Wasser oder jener Säure auflösliches Salz giebt. In den meisten Fällen geht das Eisen als Oxydul in eine solche Auflösung ein. Selbst Kohlensäure, wie schon früher aufgeführt wurde, vermag das Eisen aufzulösen, wenn dieselbe in beträchtlicher Menge im Wasser vorhanden ist. Kohlensaures Eisenoxydul ist zwar ein in Wasser unlösliches Pulver; in Wasser, welches mit freier Kohlensäure geschwängert ist, löst sich dasselbe aber auf. — Die verdünnten stärkeren Säuren bewirken mit Leichtigkeit die Auflösung des Eisens, die concentrirten dagegen zeigen zum Theil eine weit schwächere Wirkung. Völlig concentrirte Schwefelsäure von 1,85 specif. Gewicht wirkt bei gewöhnlicher Temperatur durchaus nicht auf das Eisen, und bei Siedehitze nur wenig. Je verdünnter dagegen die Schwefelsäure ist (bis zu einer gewissen Grenze natürlich), desto heftiger geschieht der Angriff, und zwar beim Erhitzen noch mehr, als in der Kälte. Das Wasser wird hierbei zerlegt; es entsteht schwefelsaures Eisenoxydul, und Wasserstoff entwickelt sich. Salzsäure von jedem Concentrationsgrade löst das Eisen bei allen Temperaturen, die zwischen der gewöhnlichen und der Siedhitze liegen, mit Leichtigkeit und unter Wasserstoffentwicklung auf. Concentrirte Salpetersäure von 1,521 specif. Gewicht wirkt nicht auf ein blankes Stück Stabeisen, wohl aber die verdünnte, welche das Eisen heftig angreift und dasselbe, unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas und salpetriger Säure, als Oxydsalz auflöst. Salpetersäure von einem mittleren Grade der Verdünnung, etwa von einem specif. Gewichte zwischen 1,30 und 1,35, zeigt ein sehr eigenthümliches

Passivität.

Verhalten zum Eisen, welches Schönbein die Passivität des Eisens genannt hat. Obgleich nämlich die erwähnte Säure das Stabeisen unter gewöhnlichen Umständen leicht und mit Gasentwicklung auflöst, so kann das Eisen doch durch verschiedene Ursachen, die aber wahrscheinlich alle einen und denselben tiefer liegenden Grund haben, in einen gewissen passiven Zustand gebracht werden, bei welchem alle Einwirkung der Säure auf das Eisen aufhört. Wird ein blankes Stück Eisendraht oder eine Stricknadel (denn Stahl verhält sich hierin ganz ähnlich wie Stabeisen) in Salpetersäure von 1,30 — 1,35 specif. Gewicht gestellt, so geschieht sogleich eine Decomposition der Säure und eine Auflösung des Eisens; beides wird aber verhindert: 1) durch oberflächliche Oxydation des einen Drahtendes, indem man dasselbe einige Sekunden lang in eine Flamme hält, und dann den Draht, das oxydirte Ende voran, in die Salpetersäure taucht; 2) durch ein- oder zweimaliges Eintauchen des einen Drahtendes in concentrirte Salpetersäure, Abwaschen mit Wasser und fernere Behandlung, wie vorhin; 3) durch Einstellen eines Platindrahtes in die Säure und Hineinbringen des Platindrahtes auf die Weise, daß sich derselbe in Berührung mit jenem befindet, welcher alsdann herausgenommen werden kann; 4) dadurch, daß man einen neuen Eisendraht auf gleiche Weise in Berührung mit dem schon passiven Draht in die Säure bringt; 5) dadurch, daß man den Draht zum positiven Pole oder Zinkoide einer Volta'schen Säule macht, und ihn in die Säure bringt, nachdem der negative Pol oder das Chloroid in dieselbe gebracht worden ist. Es entweicht dann Sauerstoffgas von der Oberfläche des Eisendrahtes, ohne daß sich dasselbe mit dem Eisen verbindet, gerade so, als wenn der Draht aus Platin bestände. Wie das Eisen in den passiven Zustand durch Berührung mit passivem Eisen versetzt werden kann, so kann der passive Zustand desselben, durch die Berührung mit aktivem Eisen oder Zink, sogleich aufgehoben werden. Wenn passives Eisen zum negativen Pole in der Salpetersäure gemacht wird, so hört es ebenfalls auf, der Auflösung zu widerstehen. Die Indifferenz gegen chemische Aktion, welche das Eisen im passiven Zustande zeigt, beschränkt sich nicht auf die Salpetersäure (von der angegebenen Concentration), sondern erstreckt sich auch auf verschiedene Salzlösungen, welche unter gewöhnlichen Umständen auf Eisen wirken*). — Die Auflösung des Stabeisens in verdünnten Säuren geschieht unter Zurücklassung einer kohligen Substanz, deren Natur bisher nicht genügend untersucht ist. Nur so viel kann man mit Gewißheit annehmen, daß dieselbe

*) Nähere Auskunft über einige der hier berührten Punkte giebt Beetz in seinem Aufsatze über die Passivität des Eisens (Poggendorff's Ann. Bd. 67, S. 186).

nicht aus reiner Kohle besteht. Bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure hat der Rückstand anfangs ein graphitähnliches Ansehen und wird vom Magnet gezogen, scheint also eine Verbindung von Eisen mit Kohlenstoff (Karsten's Polycarburet*) zu seyn. Läßt man denselben aber längere Zeit in der sauren Flüssigkeit, so wird er in jene problematische kohlige Substanz umgeändert, die nun nicht mehr magnetisch ist und eine schwarzbraune Farbe besitzt, welche durch Einwirkung von Salpetersäure in's Braunrothe verändert wird. Dieser Körper verbrennt, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Beim Gußeisen wird ausführlicher von demselben die Rede seyn. Wendet man verdünnte Salpetersäure zum Auflösen des Eisens an, so erhält man die braunrothe Substanz sogleich, und beim Erhitzen der Säure löst sie sich mit brauner Farbe in derselben auf. Bei Anwendung von concentrirter Salzsäure bleibt dagegen gar kein, und bei Anwendung von concentrirter Schwefelsäure nur ein sehr geringer kohliger Rückstand.

C. Eigenschaften des Roheisens.

Bestandtheile des Roheisens.

Der chemische Unterschied zwischen Roheisen und Stabeisen besteht hauptsächlich darin, daß in ersterem eine bedeutend größere Menge Kohlenstoff enthalten ist, als in letzterem. Dazu kommt noch, daß im Roheisen stets mehr verunreinigende Bestandtheile vorkommen, als es beim Stabeisen, welches durch den Frischproceß mehr oder weniger von denselben befreit wurde, der Fall ist. Zu diesen zufälligen Verunreinigungen gehören besonders: Silicium, Schwefel, Phosphor, Arsenik, Zink, Mangan, Titan, Chrom, Aluminium, Magnesium und noch andere Stoffe, je nach der Beschaffenheit der verschmolzenen Eisenerze, der angewendeten Zuschläge und selbst auch des benutzten Brennmaterials. Einer besonderen Aufmerksamkeit dürfte es ferner verdienen, daß Schafhäutl in mehreren Roheisensorten einen Gehalt von Stickstoff (bis zu 1,2 Proc.) gefunden hat. —

Arten des Roheisens.

Es giebt zwei wesentlich verschiedene Sorten Roheisen, nämlich weißes und graues. In dem weißen Roheisen ist die ganze Quantität des darin enthaltenen Kohlenstoffs chemisch mit dem Eisen verbunden, in dem grauen dagegen nur ein Theil desselben, während ein anderer Theil in Gestalt von eingemengten Graphitblättchen darin vorhanden ist. Leicht begreiflicher Weise finden Uebergänge zwischen beiden Arten des Roheisens statt. Das Maximum des Kohlegehaltes im weißen Roheisen beträgt zwischen 5,25 und 5,75 Procent. Solches Roheisen läßt sich daher als

*) Man sehe weiter unten: Vergleichender Ueberblick über die chemische Constitution des Stabeisens, Stahls und Roheisens.

eine Verbindung von 4 Atomen Eisen und 1 Atom Kohlenstoff, Fe_4C, betrachten, in welchem Falle der procentische Kohlegehalt 5,23 seyn würde. Das Maximum des Kohlegehaltes im grauen Roheisen pflegt nicht ganz so hoch zu steigen; Karsten bestimmte dasselbe zu 4,65 Procent. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß das weiße Roheisen zwischen $3^1/_2$ und $5^3/_4$, das graue dagegen zwischen $3^1/_5$ und $4^3/_5$ Procent Kohlenstoff enthalte. Weißes Roheisen mit dem höchsten Kohlegehalte nennt man Spiegeleisen, weil es eine blätterig krystallinische Textur besitzt, und beim Zerschlagen desselben glänzende, spiegelnde Krystallflächen zum Vorschein kommen. Je mehr der Kohlenstoffgehalt des weißen Roheisens abnimmt, desto mehr verschwindet diese Art der krystallinischen Textur, und macht entweder einer mehr strahlig blumigen oder einer körnigen Platz. Erstere Art des Roheisens pflegt der Eisenhüttenmann mit dem Namen blumiger Floß oder blumige Flossen zu belegen. Das körnige, oder doch nur in geringem Grade strahlige, weiße Roheisen heißt Weißeisen oder grelles Roheisen; enthält dasselbe zahlreiche größere oder kleinere Blasenräume, so wird es großluckiges oder kleinluckiges Roheisen genannt. Auch das graue Roheisen kann, je nach den Umständen, unter welchen es erhalten wurde, von verschiedener Beschaffenheit seyn. Eine besondere Art desselben ist das schwarze übergaare (mit Kohlenstoff überladene) Roheisen. Zuweilen gewinnt man auf Eisenhüttenwerken sogenanntes halbirtes Roheisen, nämlich ein Roheisen, welches sich auf dem Bruche als ein Gemenge von grauem und weißem Roheisen zu erkennen giebt. — Weißes Roheisen entsteht, wenn das aus dem Hohofen fließende Roheisen verhindert wird, seinen Kohlenstoff theilweise als Graphit auszuscheiden. Dies kann durch verschiedene Umstände geschehen, nämlich: 1) durch möglichst schnelles Abkühlen des geschmolzenen Eisens. Man bewirkt solches gewöhnlich dadurch, daß man dasselbe entweder in feuchten Sand oder in gußeiserne Formen fließen läßt. 2) Durch einen bedeutenden Gehalt des Roheisens an Phosphor, Schwefel oder Mangan, wodurch die Graphitausscheidung erschwert wird. 3) Durch einen Mangel an Kohlenstoff, z. B. wenn das Roheisen nur $3^1/_2$ Proc. desselben enthält. Nur der Umstand 1) bedingt die Entstehung von weißem Roheisen, die Umstände 2) und 3) begünstigen dieselbe bloß. Jedes Roheisen wird durch beschleunigte Abkühlung weiß; das kohlenstoffarme, so wie das phosphor-, schwefel- und manganhaltige aber am leichtesten. Es scheint, daß der Grund, warum kohlenstoffarmes Roheisen beim Erstarren leicht weiß wird, nicht allein in dem Mangel an Kohlenstoff, sondern auch zugleich in der weniger hohen Temperatur zu suchen sey, bei welchem sich solches Roheisen im Hohofen zu bilden pflegt. Bei einem richtigen Verhältniß der Kohle zum Erze, bei gehörig trockner Beschickung,

Bildung weißen Roheisens.

trockner, hinreichender und gehörig gepreßter Gebläseluft, gut ausgewärmten Schachtwänden, nicht zu weitem Gestell und zu weiter Rast, kurz bei Befolgung aller Maaßregeln, welche die Temperatur im Schachte eines Hohofens erhöhen können, wird stets ein mit Kohlenstoff gesättigtes Roheisen entstehen müssen, welches, bei nicht zu schneller Abkühlung und bei einem nicht zu großen Mangan-, Phosphor- oder Schwefelgehalte, beim Erstarren Graphit ausscheiden und grau werden wird. Sobald aber einer oder mehrere der genannten Umstände deprimirend auf die Temperatur im Innern des Ofenschachtes wirken, sättigt sich das Eisen nicht mit Kohle, und seine weniger hohe Temperatur beim Ausfließen aus dem Ofenheerde hat natürlich eine frühere Erstarrung, und schon dadurch eine größere Tendenz zum Weißwerden zur Folge. — Der Grund, warum weißes Roheisen stets etwas mehr Kohlenstoff enthält, als das ihm entsprechende graue (wenn beide von einem und demselben Abstiche aus dem Heerde des Hohofens herrühren), ist wohl darin zu suchen, daß ein Theil des sich im grauen Roheisen ausscheidenden Graphites auf die Oberfläche des noch nicht erstarrten Eisens geführt wird, und hier den sogenannten Eisenschaum bildet. Ein Stück aus der Mitte solchen Eisens wird also natürlich etwas weniger Kohle enthalten müssen, als wenn aller Kohlenstoff, wie es beim weißen Roheisen der Fall ist, gleichmäßig durch die ganze Masse vertheilt worden wäre.

Warum im weiß. Roheisen mehr Kohle als im grauen Roheisen.

Farbe des Roheisens.

Die Farbe des Roheisens geht aus dem Silberweißen, welche Nuance hauptsächlich dem Spiegeleisen zukommt, bis in's Dunkel-Schwarzgraue über.

Glanz des Roheisens.

Der Glanz des Roheisens ist gleichen großen Verschiedenheiten unterworfen, wie die Farbe desselben. Das Spiegeleisen hat einen sehr starken, silberähnlichen Glanz. Der Glanz des gewöhnlichen weißen Roheisens wird um so schwächer, je mehr dessen Farbe in's Graue übergeht. Ganz dunkle Sorten des grauen Roheisens haben gemeiniglich auch starken Glanz, was besonders seinen Grund in dem deutlichen Hervortreten und der Menge der Graphitblättchen hat. Einiges graue Roheisen ist fast völlig glanzlos und matt; es pflegt alsdann mit Erdbasen (Aluminium, Magnesium, Calcium) überladen zu seyn, und von einer Beschickung herzurühren, in welcher es an Kieselerde mangelte.

Textur des Roheisens.

Textur. — Das Spiegeleisen hat, wie schon angeführt, eine strahlig blätterige Textur, welche von einem Aggregate flach säulenförmiger Krystalle herrührt. Wahrscheinlich gehören diese Krystalle zum zwei- und eingliedrigen System; sie bilden Prismen von etwa 112°. Das blumige weiße Eisen hat einen splitterigen, das gemeine weiße Roheisen einen theils muschligen, theils körnigen Bruch. Die Textur des grauen Roheisens ist stets mehr oder weniger körnig, theils groß-, theils feinkörnig, theils

auch schuppig. Die schuppig körnige Textur zeigt gewöhnlich ein sehr unreines Eisen an, welches beim Frischen starken Abgang erleidet.

Härte des Roheisens.

Härte. — Im Allgemeinen ist es als richtig anzunehmen, daß Roheisen desto härter ist, je lichter seine Farbe erscheint. Spiegeleisen ritzt Glas und widersteht der besten Feile; es hat etwa die Härte des Quarzes. Dagegen giebt es Sorten von grauem Roheisen, welche die Eindrücke des Hammers annehmen, sich bohren, feilen und sägen lassen. Zu einer solchen Weichheit wird aber auch stets ein gewisser Grad von Reinheit erfordert. Sehr mit Erdbasen und anderen Verunreinigungen überladenes Roheisen ist jederzeit hart und duldet keine solche Bearbeitung.

Festigkeit des Roheisens.

Festigkeit. — Weder die absolute, noch die relative Festigkeit des weißen Roheisens ist bisher durch genaue Versuche ermittelt; es ist jedoch ausgemacht, daß das weiße Roheisen dem grauen hierin nicht unbedeutend nachsteht. Man wird also in allen Fällen, wo gußeiserne Hänge- oder Querbalken angewendet werden sollen, dem grauen Roheisen den Vorzug geben. Ueber die absolute Festigkeit des grauen Roheisens haben vorzüglich Tredgold, Musschenbroek, Rennie, Brown und Hodgkinson Versuche angestellt. Karsten folgert aus den Resultaten dieser Versuche, daß dasjenige graue Roheisen, welches erst bei einer Kraft von 18000 Pfunden Preuß., auf 1 Quadratzoll Rheinl. Querschnittsfläche, zerreißt, zu den festeren, guten Sorten gehört. Von dieser Belastung können zwei Drittheile angewendet werden, ohne daß die Elasticitätsgrenze überschritten wird. Die absolute Elasticität ist also beim grauen Roheisen ($^2/_3$) bedeutend größer als beim Stabeisen ($^1/_2$). Die Resultate, welche man bei den Versuchen zur Ermittlung der relativen Festigkeit des grauen Roheisens erhalten hat, sind sehr unzuverlässig. In neuerer Zeit hat man die Erfahrung gemacht, daß verhältnißmäßig sehr geringe Belastungen bei gußeisernen Balken oft schon bleibende Biegungen hervorbringen. Ein Umstand, der bei solchen und ähnlichen Versuchen wohl noch wenig in Betracht gezogen wurde, ist der, daß die Länge der Zeit, in welcher solche Belastungen wirken, gewiß nicht außer der Beachtung zu lassen ist. — Die rückwirkende Festigkeit des weißen Roheisens ist größer als die des grauen, und die des letzteren übertrifft bedeutend die des Stabeisens. Nach Karsten's Versuchen wird ein Würfel aus gutem grauen Roheisen, von 1 Zoll Rheinl. Seite, durch eine zwischen 141000 und 184000 Pfd. Preuß. liegende Belastung zerdrückt. Die Art, auf welche das betreffende Roheisen geschmolzen und gegossen wurde, hat, außer der mehr oder weniger großen Reinheit desselben, hierbei bedeutenden Einfluß. Ein dergleichen Würfel aus weißem

Absolute Festigkeit. Relative Festigkeit. Rückwirkende Festigkeit.

36

Roheisen (aber nicht Spiegeleisen) trug etwa 170000 bis 267000 Pfd. (Karsten's Handbuch der Eisenhüttenkunde, 3te Aufl. Bd. I, S. 252).

Festigkeit des heiß erblas. Roheisens.

Zufolge der Erfahrungen mehrerer Techniker — man sehe z. B. Dingler's polytechn. Journ. Bd. 86, S. 53 — besitzt das mittelst heißer Luft erblasene Roheisen eine geringere Festigkeit, als das mittelst kalter Luft erblasene. Gegen diese Behauptung sprechende Thatsachen sind von Mushet (Bergwerksfreund Bd. 8, S. 42) und Wachler (ebendaselbst Bd. 9, S. 257) angeführt worden. Das Wahre bei dieser Sache dürfte seyn, daß eine stark erhitzte Gebläseluft bei unreiner Beschickung und unreinem Brennmaterial wohl unzweifelhaft eine Verschlechterung des Roheisens nach sich zieht, namentlich wenn man weniger auf Brennmaterial-Ersparniß als auf Vermehrung der absoluten Produktion hinarbeitet; daß aber bei reiner Beschickung und reinem Brennmateriale — besonders bei Holzkohlen — ein solcher Uebelstand nicht so leicht zu befürchten ist.

Geschmeidigkeit d. Roheisens.

Von Geschmeidigkeit kann bei dem weißen Roheisen, wegen seiner sehr bedeutenden Härte und der damit nicht in dem erforderlichen Verhältniß stehenden Festigkeit, keine Rede seyn. Wie schon angeführt wurde, giebt es dagegen reinere Sorten des grauen Roheisens, welche einige Geschmeidigkeit besitzen, die aber natürlich stets weit hinter der des Stabeisens zurückbleibt.

Spec. Gew. d. Roheisens.

Das specifische Gewicht der Roheisenarten muß leicht begreiflicher Weise sehr verschiedenartig ausfallen, je nach der Menge und Art des im Eisen enthaltenen Kohlenstoffs, und je nach der Menge und Art der zufälligen Nebenbestandtheile. Karsten stellt die Grenzen, zwischen denen das specifische Gewicht des Roheisens variirt, zu 6,6104 und 7,7910 auf. Im Allgemeinen scheint es ausgemacht, daß graues Roheisen specifisch leichter ist als weißes, und weißes Roheisen wieder etwas leichter als Stabeisen. Das durchschnittliche specifische Gewicht des weißen Roheisens nimmt Karsten zu 7,500 und das des grauen zu 7,100 (bei 15° R.) an. Das Gewicht eines Preuß. Cubikfußes Roheisen läßt sich also im Durchschnitte zu 475 Preuß. Pfunden veranschlagen.

Verhalten des Roheisens zur Wärme.

Verhalten des Roheisens zur Wärme. — Fast bei allen Versuchen, welche von verschiedenen Physikern über das Verhalten des Eisens zur Wärme angestellt worden sind, wurde Stabeisen oder Stahl angewendet; vom Verhalten des Roheisens in dieser Hinsicht sind nur äußerst dürftige Facta bekannt. — Die specifische Wärme des Spiegeleisens ist nach Regnault = 0,12983 und die des gewöhnlichen weißen Roheisens = 0,12728. — Davy fand, daß Roheisen (ob weißes oder graues, ist nicht angegeben), wenn es von 0° bis auf 80° R. erhitzt wird, eine Ausdehnung seiner Längendimensionen von 0,00111 er-

leidet, also eine geringere als das Stabeisen (0,00126). Rinman giebt an, daß sich Roheisen zwischen 20° C. und der Rothglühhitze (etwa 560° C.) um 7/560 seiner Länge ausdehnt (Stabeisen nur um 4/560), zwischen 20° C. und der Weißglühhitze dagegen um 12/560 (Stabeisen 7/560).

Schmelzpunkt des Roheisens.

Der Schmelzpunkt des Roheisens läßt sich durchschnittlich etwa bei 1600° C. annehmen. Weißes Roheisen schmilzt bei einer (gewiß 100° C. und darüber) niedrigeren, und graues Roheisen zum Theil bei einer etwas höheren Temperatur. — Das Roheisen erleidet bei herannahendem Schmelzpunkte keine derartige allmälige Erweichung, wie dieselbe eine Hauptbedingung zur Schweißbarkeit ist. Das weiße Roheisen erweicht allerdings ehe es schmilzt, aber es geht aus dem festen Aggregat-Zustande sogleich in einen breiartigen über, ohne (wenigstens nicht in bemerkbarer Zeit) einen Mittelzustand durchlaufen zu haben. Breiartig erhält sich dagegen das weiße Roheisen lange und geht nur allmälig in Dünnflüssigkeit über. Graues Roheisen nimmt nun allerdings, bei einer gewissen Temperatur, jenen Zustand der Weiche an, welcher für die Schweißbarkeit erforderlich ist, aber es ist schwierig, dasselbe längere Zeit hierin zu erhalten. So wie die Temperatur etwas sinkt, wird es sogleich wieder fest, oder doch bröcklich, und so wie die Temperatur um ein Weniges steigt, tritt plötzlich ein Zustand vollkommner Flüssigkeit ein. Man sieht daher leicht, daß sich weißes Roheisen gar nicht, und graues nur mehr oder weniger unvollkommen schweißen lassen wird, trotz dem, daß beide Eisenarten, wegen ihres hohen Kohlenstoffgehaltes, hierzu sehr geeignet scheinen.

Schwinden des Roheisens.

Geschmolzenes Roheisen nimmt einen größeren Raum ein als festes, sobald letzteres keine bedeutend hohe Temperatur besitzt. Dagegen erscheint es als ausgemacht, daß Roheisen, welches beinahe bis zu seinem Schmelzpunkte erhitzt ist, einen größeren Raum einnimmt, also ein geringeres specifisches Gewicht besitzt als flüssiges. Ein Stück stark erhitztes Roheisen schwimmt nämlich auf geschmolzenem, während kaltes Roheisen in letzterem untersinkt. Hierdurch läßt sich erklären, warum sich Roheisen so vortrefflich zum Gießen eignet. Sobald nämlich das flüssige Metall in der Form zu erstarren anfängt, vergrößert sich sein Volum um ein Weniges und trägt dadurch zu einer schärferen Ausbildung der Umrisse des Eisens bei. Erst nachdem es fest geworden ist, sich aber natürlich noch in einem stark glühenden Zustande befindet, fängt es an, sich durch die fortschreitende Erkaltung zusammenzuziehen. Diese Volumverminderung, zwischen dem Erstarrungsmomente und der Annahme der gewöhnlichen Temperatur, nennt man das Schwinden des Roheisens. Manche Metalle, wie z. B. Gold, schwinden schon vor dem Eintreten der völligen Erstarrung; deswegen füllen sie die Formen schlecht aus und sind

nicht zum Gießen geeignet. Von besonderer Wichtigkeit für die Praxis ist es, das Schwindemaaß des Roheisens zu kennen. Weißes Roheisen schwindet durchschnittlich 2 bis $2^1/_2$ Procent seiner Längendimensionen; graues etwa $1^1/_2$ Procent. Um so viel muß also das Modell, nach welchem ein Roheisenguß ausgeführt werden soll, größer gemacht werden, als der verlangte gegossene Gegenstand. Die zufälligen Bestandtheile des Roheisens sind gewiß hierbei auch von Einfluß; so z. B. scheint schwefelhaltiges Roheisen weniger zu schwinden, als sehr reines.

Adouciren des Roheisens

Wird weißes Roheisen während längerer Zeit stark rothglühend erhalten und hierauf langsam abgekühlt, so verliert es seine Härte und wird weich und stahlartig. Graues Roheisen wird durch eine solche Behandlung zwar auch weich, aber zugleich mürbe. Dieses Ausglühen, Adouciren oder Tempern genannt, darf natürlich nicht unter unbeschränkter Einwirkung der Luft vorgenommen werden, weil sonst ein Theil des Eisens hierbei oxydirt werden würde. Entweder müssen die Gußwaaren, welche adoucirt werden sollen, mit einem feuerfesten Ueberzuge versehen, oder in feuerfeste Kästen, die mit einem Pulver von Kreide, Knochenasche, Kohle, Blutsteinpulver u. s. w angefüllt sind, eingepackt werden. Der Grund, aus welchem Roheisen durch solche Behandlung weicher wird, liegt gewiß nicht ausschließlich in einer Atom-Umgruppirung des durch starke Hitze erweichten und darauf langsam erkalteten Metalls, sondern auch in einer theilweisen Oxydation oder Ausscheidung seines Kohlenstoffs. Deswegen ist Weißglühhitze zu vermeiden, bei welcher das Eisen jenen fein porösen Zustand verliert, durch welchen es dem Sauerstoff der Luft möglich wird, nach und nach in das Innere des Metalls zu dringen und seinen Kohlenstoff theilweise zu verbrennen. Aber eben so wenig ist es rathsam, solche pulverförmige Körper zur Umhüllung der Gußwaaren anzuwenden, welche bei hoher Temperatur Sauerstoff abgeben können, wie z. B. Blutstein. Dadurch oxydirt sich leicht zu viel Kohlenstoff und das Eisen wird mürbe und verbrannt. Ein Gemenge von Kohle und Knochenasche ist ein sehr gutes Adoucirpulver. Daß graues Roheisen durch Adouciren mürbe und brüchig wird, ist nicht schwer zu erklären. Der in demselben als Graphit ausgeschiedene Kohlenstoff verbrennt gewiß früher als der chemisch gebundene, und veranlaßt daher eine größere Porosität der Masse, als sie beim weißen Roheisen zu befürchten ist.

Verhalten des Roheisens zum Magnetismus.

Verhalten des Roheisens zum Magnetismus. Es scheint, daß die fremden Bestandtheile des Roheisens oder auch vielleicht die zu große Menge seines Kohlenstoffs seine magnetische Empfänglichkeit und Wirkung beeinträchtigen, indem alles Roheisen in dieser Beziehung dem Stahle, und selbst dem Stabeisen nachsteht. Graues Roheisen

wird schneller magnetisch, und auch stärker vom Magnete angezogen als weißes.

Verhalt. d. Roheisens zur Elektricität.

Verhalten des Roheisens zur Elektricität. Das graue Roheisen leitet die Elektricität besser als das weiße, und dürfte auch vielleicht gehärteten Stahl an Leitungsfähigkeit übertreffen; dagegen leitet alles Roheisen schlechter als Stabeisen.

Oxydirbarkeit d. Roheisens.

Oxydirbarkeit des Roheisens. Weißes Roheisen rostet, unter den beim Stabeisen angegebenen Umständen, weit weniger als graues, und dies wieder weniger als Stabeisen, vorausgesetzt, daß das graue Roheisen keinen bedeutenden Schwefelgehalt besitzt, und nicht durch leicht oxydirbare Stoffe sehr verunreinigt ist. Spiegeleisen widersteht dem Rosten außerordentlich lange. — Die **Anlauffarben**, eine Folge beginnender Oxydation bei höherer Temperatur, treten beim grauen Roheisen etwas früher ein als beim Stabeisen. Weißes Roheisen läuft dagegen noch früher an als Stahl.

Auflösbarkeit d. Roheisens

Auflösbarkeit des Roheisens. Je weißer das Roheisen ist, oder, mit anderen Worten, je mehr chemisch gebundene Kohle dasselbe enthält, desto weniger wird dasselbe von verdünnten Säuren angegriffen. Auf Spiegeleisen äußern hinreichend verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure, bei gewöhnlicher Temperatur, erst nach Verlauf von einigen Wochen eine Wirkung, indem sich ein Theil des Eisens, unter Abscheidung eines schwarzen Staubes, auflöst. Der verdünnten Salpetersäure widersteht das weiße Roheisen weniger gut. Bei Anwendung von Siedhitze ist die Einwirkung der verdünnten Säuren sehr heftig. Die zuerst abgeschiedene schwarze metallische Substanz (nach **Karsten** ein Polycarburet des Eisens) wird hierbei unter starkem Aufschäumen zersetzt, und in die braune (s. **Auflösbarkeit des Stabeisens und des Stahls**) umgeändert, die sich theilweise in der Säure auflöst. Concentrirte Salzsäure oder Schwefelsäure bewirken, besonders bei Siedhitze, eine vollständige Auflösung; erstere ohne Rückstand, letztere unter Abscheidung von etwas schwärzlicher, metallisch glänzender Kohle. Salpetersäure wirkt, nach **Karsten**, im concentrirten Zustande beinahe gar nicht auf das weiße Roheisen. — Graues Roheisen wird bei gewöhnlicher Temperatur zwar leichter als weißes, aber doch immer nur sehr langsam von verdünnten Säuren angegriffen. Der hierbei gebildete Rückstand besteht theils aus Graphitblättchen, theils aus metallisch glänzenden Schuppen, welche ersteren zwar ähnlich, aber magnetisch sind (das erwähnte Polycarburet), und theils aus der problematischen, schwarzbraunen kohligen Substanz, welche sehr leicht (schon vor dem Eintreten der Glühhitze) verbrennbar ist, von Salpetersäure, unter theilweiser Lösung, rothbraun gefärbt wird, und mit schwarzer Farbe in Kalilauge auflöslich ist. Das Polycarburet und

die kohlige Substanz sind nicht immer zugleich in dem Rückstande einer mit verdünnter Säure behandelten Roheisensorte vorhanden. Bei Anwendung concentrirter Salzsäure hinterläßt das graue Roheisen kein anderes Residuum als Graphit. Starke Schwefelsäure scheidet, außer dem Graphit, auch noch eine schwarze kohlige Substanz ab. Salpetersäure von 1,3 spec. Gewicht wirkt ähnlich, doch löst sich ein Theil des kohligen Körpers auf, und der zurückbleibende Theil färbt sich braun. — Noch ist zu bemerken, daß, sowohl bei der Behandlung des grauen als des weißen Roheisens mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure, ein eigenthümliches, flüchtiges Oel von üblem, charakteristischem Geruche gebildet wird. Dasselbe scheidet sich theils als dünne, fettige Schicht auf der Oberfläche der sauren Flüssigkeit aus, theils wird es von dem sich entwickelnden Wasserstoffgase fortgerissen, und ertheilt diesem seinen Geruch. Dieses Oel entsteht bei der Auflösung jedes kohlehaltigen Eisens (gleichviel ob Stabeisen, Stahl oder Roheisen) in den genannten verdünnten Säuren, und zwar in so größerer Menge, je mehr chemisch gebundenen Kohlenstoff das Eisen enthält. Schrötter (Liebig und Wöhler's Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 39, S. 302) hat dasselbe näher untersucht und gefunden, daß es eine aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehende, dem Steinöle (Petroleum) sehr ähnliche Verbindung ist.

D. Eigenschaften des Stahls.

Bestandtheile d. Stahls.

Stahl ist ein kohlenstoffhaltiges Eisen, dessen Kohlegehalt zwischen dem des Stabeisens und des Roheisens etwa mitten inne steht. Außer Kohlenstoff treten besonders noch Mangan und Silicium im Stahle auf; es können jedoch kleinere Mengen aller der Stoffe darin vorkommen, welche als Verunreinigungen des Roheisens und Stabeisens genannt wurden. — Es giebt zwei Hauptarten des Stahls: weichen und harten oder gehärteten Stahl. Der gewöhnliche weiche Stahl wird in harten umgeändert, wenn man ihn aus dem glühenden Zustande schnell in den erkalteten übergehen läßt. Je größer der Temperaturunterschied dieser beiden Zustände ist, und je schneller der Stahl denselben durchläuft, eine desto größere Härte wird hervorgebracht. Das Härten des Stahls geschieht meist auf die Weise, daß man denselben, mehr oder weniger stark glühend, in eine mehr oder weniger kalte Flüssigkeit taucht. Weißglühender Stahl in kaltes Quecksilber gebracht, erhält einen Härtegrad, welcher dem des weißen Roheisens nahe steht. Wählt man statt Quecksilber Wasser, so wird er, trotz dem daß dies schneller verdunstet, doch weniger

Arten d. Stahls.

Härten d. Stahls.

schnell abgekühlt. Die abkühlende Wirkung, welche eine Flüssigkeit auf einen hineingebrachten, glühenden Körper ausübt, ist nämlich ein Complex aus dem Wärmeleitungsvermögen, dem Siedepunkte und der Wärmecapacität derselben, nebst aus dem Wärmeleitungsvermögen und der Wärmecapacität ihrer Dämpfe. Wasser, in welchem Salze aufgelöst sind, soll, zum Ablöschen des glühenden Stahls angewendet, eine etwas größere Härte als reines Wasser, aber eine geringere als Quecksilber hervorbringen. Eben so geben alle Säuren, z. B. Scheidewasser, eine stärkere Härtung als gewöhnliches Wasser. Wendet man diese zum Abkühlen an, so muß der Stahl nachher natürlich sogleich in Wasser abgewaschen werden. Alle Oele und fettige Substanzen geben geringere Härtegrade als Wasser. Ein Gleiches ist der Fall, wenn ein glühendes Stahlstück an einem kalten Körper, z. B. zwischen den Backen eines Schraubenstocks, oder durch einen darauf geleiteten Luftstrom, oder durch schnelles Schwingen in der Luft abgekühlt wird. Stahl, welcher im weißglühenden Zustande in Wasser, Quecksilber oder anderen Flüssigkeiten abgelöscht wurde, heißt glashart. Der glasharte Stahl kann nur zu gewissen Zwecken gebraucht werden; in der Mehrzahl der Fälle verlangt man einen weniger harten und mehr elastischen Stahl, den man sich durch das sogenannte Anlassen verschafft. Die Operation des Anlassens besteht in der Wiedererhitzung des glasharten Stahls, wodurch demselben ein Theil seiner Härte benommen und eine größere Elasticität beigelegt wird. Je stärker man glasharten Stahl anläßt, d. h. je mehr man ihn erwärmt, desto weicher wird derselbe. Zur richtigen Beurtheilung der Temperatur und also des davon abhängigen Härtegrades bedient man sich der Anlauffarben (s. Oxydirbarkeit des Stahls). Da es jedoch eine nicht geringe Uebung des Arbeiters voraussetzt, die Anlauffarben gleichförmig auf der ganzen Oberfläche eines Stahlstückes hervorzubringen, oder es, mit anderen Worten, im Feuer gleichmäßig zu erwärmen, so hat man in der letzten Zeit angefangen, sich der Metallbäder zu diesem Zwecke zu bedienen. Man wendet nämlich Legirungen von Blei und Zinn an, welche, je nachdem das eine oder das andere dieser Metalle in größerer Menge darin vorhanden ist, einen niederen oder höheren Schmelzpunkt besitzen. Eine solche Legirung wird bis auf ihren Schmelzpunkt erhitzt, und der glasharte Stahl so lange hineingetaucht, bis er die Temperatur des Metallbades angenommen hat. Man muß hierbei aber Sorge tragen, daß stets eine Quantität noch ungeschmolzener Metalllegirung vorhanden ist, wodurch die nicht zu hohe Temperatur des Metallbades angezeigt wird. Folgende Tabelle von Parkes giebt die Zusammensetzung solcher Metallbäder an, wie sie für das Anlassen verschiedener Stahlarbeiten durch Erfahrung am zweckmäßigsten befunden worden ist.

Anlassen d. Stahls.

Namen der Stahlwaaren.	Metallbad.		Schmelzpunkt in ° Celsius.	Entsprechende Anlauffarbe.
	Blei.	Zinn.		
Lanzetten	7	4	216	Kaum blaßgelb.
Rasirmesser	8	4	228	Zwischen blaßgelb und strohgelb.
Federmesser	8½	4	232	Strohgelb.
Scheeren, härtere Meißel	14	4	254	Braun.
Aexte, weichere Meißel, Hobeleisen, Taschenmesser	19	4	265	Purpurfleckig.
Tischmesser	30	4	277	Purpurfarben.
Klingen, Uhrfedern	48	4	288	Hellblau.
Größere Federn, Dolche, Bohrer, kleine feine Sägen	50	2	292	Dunkelblau.
Stichsägen, Handsägen, in kochendem Leinöl	—	—	316	Schwarzblau.
Artikel, welche noch etwas weicher seyn müssen, in schmelzendem Blei	—	—	322	

Guter Stahl

Karsten fand bei Analysen verschiedener Stahlsorten nie einen geringeren Kohlegehalt als 0,9, und nie einen höheren als 1,9 Procent. Es ist jedoch hiermit nicht gesagt, daß es durchaus keinen Stahl geben könne, welcher nicht etwas weniger als dies angegebene Minimum, und nicht etwas mehr als jenes Maximum an Kohlenstoff enthalten könne; es findet vielmehr ein allmäliger Uebergang, sowohl abwärts aus dem Stahl in's Stabeisen, als auch aufwärts aus dem Stahl in's Roheisen statt. Der Kohlenstoffgehalt **guten** Stahls fällt aber gewiß immer innerhalb der angegebenen Grenzen. Daß Stahl eine größere Menge Kohle enthält als Stabeisen, ersieht man schon daraus, daß Säuren auf der polirten Oberfläche des ersteren einen schwarzen Fleck von ausgeschiedenem Kohlenstoff hervorbringen, während dies bei letzterem nicht geschieht. — Der Stahl ist noch empfindlicher gegen fremde Einmengungen als das Stabeisen, weshalb man sich vorzugsweise auch nur des reinsten Roh- und Stabeisens zur Stahlfabrikation bedient. Spuren von Schwefel, Phosphor oder Silicium scheinen jedoch selbst in den besten Stahlsorten vorzukommen. So z. B. fand **Wilson** in Englischem Gußstahl 0,03 Procent Phosphor und eine gleiche Menge Silicium; auch schienen noch Spuren von Schwefel und Mangan vorhanden zu seyn. Wären die

Nebenbestandtheile des Stahls nicht von so großem Einflusse auf dessen Güte, so würde es möglich seyn, durch ein unter gewissen Vorsichtsmaßregeln ausgeführtes Zusammenschmelzen von Stabeisen und Roheisen guten Stahl zu erzeugen. Die Verunreinigungen des Roheisens sind aber hierbei durchaus im Wege.

Farbe d. Stahls.

Der Stahl hat eine graulichweiße, zuweilen fast rein weiße Farbe. Da es Stabeisensorten giebt, welche eine ganz ähnliche Farbe besitzen, so können polirter Stahl und polirtes Stabeisen durch die Farbe nicht immer gut von einander unterschieden werden. Die Farbe des gehärteten Stahls ist etwas lichter als die des weichen.

Glanz d. Stahls.

Auch durch den Glanz ist der Stahl nicht besonders vor dem Stabeisen charakterisirt; beide können, im polirten Zustande, einen sehr lebhaften metallischen Glanz besitzen. Auf Bruchflächen zeigt sich der meiste Stahl wenig glänzend, wie dies auch bei vielem Stabeisen der Fall ist. Gehärteter Stahl hat einen stärkeren Glanz als ungehärteter.

Textur d. Stahls.

Die Textur des Stahls ist weit charakteristischer als Glanz und Farbe desselben. Guter weicher Stahl nimmt nie, weder das sehnige Gefüge des Stabeisens, noch die grobkörnige Textur des grauen Roheisens an, wiewohl er sich dem letzteren hierin zuweilen nähert. In solchem Falle giebt aber seine lichtere Farbe den Ausschlag. Die rein körnige Textur des Stahls, in Verbindung mit seiner Farbe, macht nur Verwechslungen zwischen Stahl und dem kohlenstoffarmen weißen Roheisen möglich. Die Körner auf der Bruchfläche des Stahls haben keine so bestimmte Form als die des körnigen (nur wenig ausgereckten) Stabeisens, sondern sie verfließen mehr in einander. Gehärteter Stahl hat eine noch ausgezeichnetere Textur. Auf seiner Bruchfläche gleicht er dem feinsten Silber und die Körner sind so klein, daß sie kaum mit unbewaffnetem Auge erkannt werden können

Härte d. Stahls.

Härte ist eine der vorzüglichsten Eigenschaften des Stahls. Schon im ungehärteten Zustande übertrifft er hierin das Stabeisen, und nur etwa die kohlenstoffreichen Sorten des letzteren kommen ihm in dieser Hinsicht nahe; gehärteter Stahl aber besitzt fast Quarzhärte, ohne jedoch je den außerordentlichen Härtegrad des weißen Roheisens, namentlich des Spiegeleisens, ganz zu erreichen.

Festigkeit d. Stahls.

Festigkeit ist eine andere Eigenschaft, durch welche sich der Stahl sowohl vor Stab- und Roheisen, als überhaupt vor allen anderen Metallen auszeichnet. Die absolute Festigkeit des Stahls kann, nach Musschenbroek's und Rennie's Versuchen, wenigstens doppelt so groß als die des Stabeisens angenommen werden. Man kann daher rechnen, daß guter Stahl auf 1 Quadratzoll Rheinl. Querschnittsfläche wenigstens 120000 Berl. Pfunde tragen kann, ehe er zerreißt. Durch

das Härten verliert der Stahl etwas von dieser Festigkeit (behält etwa nur 110000 Pfd.). Durch späteres Wiedererwärmen (Anlassen) bis zu einer gewissen Temperatur (zu deren Beurtheilung man sich der Anlauffarben bedient) erlangt er aber eine noch größere Festigkeit als der ungehärtete Stahl, und trägt dann wohl 130000 bis 150000 Pfd. Die Grenze der absoluten Elasticität des Stahls ist noch nicht ermittelt. Es scheint jedoch, daß der Stahl mehr als $1/_2$, vielleicht $2/_3$ der angegebenen Belastungen tragen kann, ohne bleibende Dehnungen zu erleiden. Nach Hausmann trug ein Stab aus gutem, schweißbarem Sollinger Gußstahl, von 1 Quadratzoll Rheinl. Querschnitt, 117258 Pfd. Cöln., ehe er zerriß. Derselbe hielt eine Belastung von 79432 Pfd. Cöln. aus, ohne auf 1017 Millim. Länge eine größere bleibende Dehnung als von $1/_2$ Millim. zu erhalten.

Relative und rückwirkende Festigkeit.

Ueber die **relative Festigkeit** des Stahls ist nichts Zuverlässiges ermittelt. Ein Gleiches ist der Fall mit der **rückwirkenden Festigkeit** desselben. Da jedoch absolute und rückwirkende Festigkeit in einem gewissen Zusammenhange stehen, so läßt sich schließen, daß die letztere beim Stahle, namentlich aber beim gehärteten und wieder angelassenen sehr groß, wahrscheinlich noch bedeutender als beim Roheisen seyn wird. Solcher Stahl wird also das beste Material seyn, um Stäbe daraus anzufertigen, welche, hängend oder stützend, große Lasten tragen und doch so dünn als möglich seyn sollen.

Geschmeidigkeit d. Stahls.

Die **Geschmeidigkeit** des weichen Stahls bei gewöhnlicher Temperatur ist noch geringer als die des harten Roheisens. Gehärteter Stahl ist äußerst spröde, und duldet durchaus keine Bearbeitung mit dem Hammer. Je mehr aber sowohl weicher als gehärteter Stahl erhitzt werden, desto geschmeidiger zeigen sie sich.

Spec. Gew. d. Stahls.

Das **specifische Gewicht** der verschiedenen Stahlsorten fällt, nach **Karsten**, zwischen die Grenzen 7,6224 und 7,8131; als Durchschnittszahl giebt **Karsten** 7,7 an. Nach **Berzelius** ist das specifische Gewicht des Stahls = 7,8 bis 7,9. Durch das Härten erlangt der Stahl meist ein kleineres specifisches Gewicht, als er zuvor besaß. **Rinman** fand z. B. das specifische Gewicht einer weichen Stahlsorte = 7,751, das derselben Stahlsorte nach dem Härten = 7,553; **Pearson** fand das specifische Gewicht des geschmiedeten weichen Stahls = 7,794, im gehärteten Zustande dagegen 7,676. Die Abnahme des specifischen Gewichts der verschiedenen Stahlsorten beim Härten, oder, mit anderen Worten, die Zunahme ihres Volums, ist nicht stets dieselbe. Einerseits hat hierauf die chemische Beschaffenheit des Stahls, andererseits aber auch die Temperatur einen Einfluß, bei welcher das Härten (Ablöschen) geschah.

Nach Rinman giebt es Stahlsorten, und zwar sehr gute, welche ihr Volum beim Härten vermindern.

Verhalten des Stahls zur Wärme. Inwiefern der Kohlenstoffgehalt des Stahls bei demselben ein anderes Wärmestrahlungs- und Wärmeabsorptions-Vermögen, eine andere specifische Wärme u. s. w. als beim reinen Eisen oder Stabeisen hervorbringt, ist zum Theil noch durch zahlreichere Versuche zu ermitteln, als bisher darüber angestellt wurden. — Die specifische Wärme des Gußstahls fand Regnault = 0,11848. — Davy fand, daß die Längenausdehnung eines von 0° bis zum Siedepunkt erwärmten Stahlstabes = 0,00112 ist. Stahl dehnt sich hiernach also kaum mehr als Stabeisen (0,00111) und geringer als Gußeisen (0,00126) aus. Nach Rinman's Versuchen wächst die Länge eines Stahlstabes zwischen der gewöhnlichen Sommertemperatur und der Rothglühhitze um $^{6}/_{560}$ (beim Stabeisen $^{4}/_{560}$ und beim Roheisen $^{7}/_{560}$), und zwischen jener ersteren und der Weißglühhitze um $^{10}/_{560}$ (beim Stabeisen $^{7}/_{560}$ und beim Roheisen $^{12}/_{560}$).

Verhalten d. Stahls zur Wärme.

Der Schmelzpunkt des Stahls liegt zwischen dem des Stabeisens und dem des Roheisens, also zwischen 2000° und 1600° C., möchte sich daher bei 1800° C. annehmen lassen. Je nachdem eine Stahlsorte mehr oder weniger Kohlenstoff enthält, fällt ihr Schmelzpunkt etwas niedriger oder höher, und es giebt Stahlarten, deren Schmelzpunkte auf diese Weise gewiß um mehr als 100° C. differiren. — Wird Stahl, gleichviel ob gehärteter oder ungehärteter, bis zum Weißglühen erhitzt, so erleidet derselbe eine ganz ähnliche Erweichung wie das Stabeisen. Aus dem, was bei dem letzteren über die Bedingungen zur Schweißbarkeit angeführt wurde, ist es also a priori klar, daß sich Stahl ausgezeichnet gut schweißen lassen muß. Dies ist auch wirklich der Fall. Es kann nicht bloß Stahl mit Stahl, sondern auch Stahl mit Stabeisen zusammengeschweißt werden. Der Stahl büßt, bei zu oft wiederholtem oder zu lange fortgesetztem Weißglühen, weit schwieriger seine Schweißbarkeit ein, als das Stabeisen, was auch aus seinem größeren Kohlenstoffgehalte erklärlich wird; er verbrennt aber, wie der praktische Ausdruck lautet, eben so leicht, ja noch leichter als dieses. Unter verbranntem Stahl versteht man aber nicht, wie dies beim Stabeisen der Fall ist, ein völlig entkohltes und folglich nicht mehr schweißbares Eisen, sondern nur einen, durch Verlust von Kohlenstoff in Stabeisen umgeänderten, oder doch wenigstens dem Stabeisen nahestehenden Stahl. Um diesem Verluste der guten Eigenschaften des Stahls vorzubeugen, ist es, bei seinem Erhitzen zum Weißglühen durchaus nothwendig, ihn mit Sand zu bestreuen oder seine Oberfläche durch irgend eine andere künstliche Schlackendecke zu beschützen, um die Verbrennung seines Kohlegehaltes so viel wie möglich zu verhindern.

Schmelzpunkt d. Stahls.

Schweißbarkeit d. Stahls.

Der Schmied giebt dem Stahle also stets sogenannte »saftige« Schweißhitzen, in denen sich der Stahl unter einer leichtflüssigen Schlackendecke befindet, und vermeidet die »trocknen«, bei denen kein anderes Schutzmittel gegen das Verbrennen seines Kohlenstoffs vorhanden ist, als die glühenden Kohlen, zwischen denen der Stahl weißglühend gemacht wird. Gehärteter und weicher Stahl lassen sich gleich gut schweißen; ersterer verliert, schon vor dem Eintreten der Weißglühhitze, alle Eigenschaften, die ihn von letzterem unterscheiden.

Verhalten d. Stahls zum Magnetismus.

Verhalten des Stahls zum Magnetismus. Das beste Material zur Anfertigung von Magnetnadeln ist, nach unseren jetzigen Erfahrungen, der Stahl. Stabeisen wird allerdings schneller magnetisch, und auch stärker vom Magnete angezogen als dieser, aber seine erlangte magnetische Kraft nimmt sehr schnell ab, und kommt bald auf Null. Ein durch Streichen mittelst eines schon gebildeten Magnetes polarisch gemachter Stahlstab behält aber auch nicht die ganze Menge der magnetischen Kraft, welche ihm anfänglich ertheilt wurde, sondern dieselbe verringert sich während Wochen, Monaten, ja selbst Jahren, nach und nach; zuerst schneller, später langsamer. Dann aber tritt zuletzt ein Zeitpunkt ein, wo diese Abnahme so gering wird, daß man sie, selbst für eine Reihe von Jahren, als fast = 0 betrachten kann. Hansteen hat diese wichtige Thatsache durch sehr genaue Versuche erwiesen. Es ist also hiernach rathsamer, bei Versuchen mit der Magnetnadel, welche eine während größerer Zeiträume unveränderte polarische Kraft derselben voraussetzen, solche Magnetnadeln anzuwenden, deren Magnetismus constant geworden ist, anstatt dieselben durch Bestreichen auf das Maximum ihrer magnetischen Kraft zu bringen. Um sich dergleichen constante Magnetnadeln zu verschaffen, hat man aber nicht nöthig, das Eintreten jenes Nullpunktes abzuwarten (dies kann ein paar, ja selbst bis 10 Jahre dauern), sondern man braucht nur das folgende von Hansteen[1]) angegebene Verfahren zu befolgen. Ein durch Ablöschen in einer kalten Flüssigkeit glashart gemachter Stahlstab wird bei einer zwischen 300° und 320° liegenden Temperatur angelassen, was am besten auf die Weise geschieht, daß man ihn so lange in kochendes Leinöl taucht, bis er die Temperatur desselben angenommen hat. Der so vorbereitete Stahlstab wird nun durch Bestreichen auf das Maximum seiner magnetischen Kraft gebracht; um ihn aber constant zu machen, taucht man denselben in Wasser von 30° C. Auf diese Weise erhält man eine Magnetnadel, welche bei keiner unter 30° C. liegenden Temperatur, selbst nach jahrelanger Aufbewahrung, an Intensität merklich verliert. Jenes Anlassen des zuerst glashart gemach-

[1]) De mutationibus momenti virgae magneticae; Christianiae 1842.

ten Stahlstabes geschieht deswegen, um seine magnetische Capacität zu erhöhen. Hansteen hat nämlich gefunden, daß ein in kochendem Leinöl angelassener Stahlstab fähig ist, nahe 1,5mal so viel magnetische Kraft aufzunehmen und constant zu behalten, als ein glashart gemachter. — Ein Haupterforderniß bei der Anfertigung guter stählerner Magnetstäbe ist die magnetische Homogenität ihrer Masse. Ungleiche Dichtigkeit, durch nicht ganz gleichmäßiges Härten oder Anlassen hervorgebracht, so wie ungleich vertheilter Kohlenstoffgehalt des Stahls, stehen dessen Capacität für magnetische Polarität entgegen. Inwiefern hierauf auch die absolute Menge des im Stahle vorhandenen Kohlenstoffs eine Wirkung äußert, ist bis jetzt nicht näher untersucht worden.

Verhalten d. Stahls zur Elektricität.

Verhalten des Stahls zur Elektricität. Weicher Stahl ist ein besserer Leiter der Elektricität als gehärteter; ob aber weicher Stahl die Elektricität besser oder schlechter leitet als Stabeisen, ist bisher kaum ausgemacht, obwohl letzteres das Wahrscheinlichere ist.

Oxydirbarkeit d. Stahls.

Oxydirbarkeit des Stahls. Unter den bei der Oxydirbarkeit des Stabeisens näher angegebenen Verhältnissen rostet polirter Stahl fast so schwierig wie weißes Roheisen, also weit weniger leicht als Stabeisen. Hat aber die Eisenoxydbildung einmal begonnen, so schreitet sie auch rasch vorwärts, und v. Bonsdorff mag Recht haben, wenn er behauptet (Poggend. Ann. Bd. 42, S. 332), daß der schon gebildete Rost mit dem noch unoxydirten Metalle in galvanische Action tritt, und hierdurch den Oxydationsproceß wesentlich beschleunigt. Wird ein Stück blanker Stahl bei Zutritt der Luft erhitzt, so sieht man, während er die verschiedenen Temperaturgrade bis zum Rothglühen durchläuft, auf seiner Oberfläche eine Reihenfolge von Farben erscheinen, von denen, bei steigender Temperatur, die eine allmälig in die andere übergeht, bis endlich die Erscheinung durch die herannahende Rothglühhitze schwächer wird, und sich zuletzt, bei eingetretener dunkler Rothgluth, ganz verliert. Dies Phänomen nennt man das Anlaufen des Stahls. Die verschiedenen Anlauffarben kommen bei gewissen, sehr bestimmten Wärmegraden zum Vorschein, und zwar in folgender Ordnung: 1) Blaßgelb, bei einer Temperatur von 221° C.; 2) Strohgelb, bei 232° C.; 3) Goldgelb, bei 243° C.; 4) Braun, bei 254° C.; 5) Purpurfleckig, bei 266° C.; 6) Purpurfarben, bei 277° C.; 7) Hellblau, bei 288° C.; 8) Dunkelblau, bei 293° C.: 9) Schwarzblau, bei 316° C. Bei 360° C. tritt völlige Farblosigkeit ein. Wird die Hitze noch mehr gesteigert, so erscheinen dieselben Farben in derselben Reihenfolge, aber weit weniger lebhaft und dabei schneller verschwindend als zuvor. Daß diese Anlauffarben in einer beginnenden Oxydation des Eisens begründet sind, geht daraus hervor, daß dieselben nicht entstehen, wenn ein Stück Stahl ohne Luftzutritt, z. B. unter Oel erhitzt wird.

Anlaufen d. Stahls.

Ein anderer Beweis dafür ist der, daß ein bunt angelaufener Stahl seine Färbung verliert, sobald man ihn in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas erwärmt. Welche Oxydationsstufe des Eisens beim Anlaufen gebildet wird, ist schwieriger zu beantworten, kann aber für die Erklärung des Phänomens als gleichgültig angesehen werden. Man braucht nämlich hierzu nur anzunehmen, daß die erste, außerordentlich dünne Oxydhaut, welche sich auf der blanken Stahloberfläche bildet, eben wegen ihrer großen Dünnheit, vollkommen durchsichtig sey. So lange dieselbe an Dicke zunimmt, ohne dabei zu sehr an Durchsichtigkeit einzubüßen, müssen daher die bekannten Farben der dünnen Blättchen erscheinen, und dies geschieht auch wirklich. Die Ordnung der Anlauffarben, so weit sich letztere beobachten lassen, ist fast genau dieselbe, wie die Farbenordnung in den Newton'schen Ringen, welche hervorgebracht werden, wenn man ein convexes Glas von großem Krümmungs-Halbmesser auf ein plangeschliffenes Glas legt. Was hier die verschiedene Dicke der zwischen den beiden Gläsern, zunächst ihrem Berührungspunkte, befindlichen Luftschicht bewirkt, wird bei dem Phänomene des Anlaufens durch die wachsende Dicke der Oxydhaut hervorgebracht. In ersterem Falle sieht man also die Farben neben einander (im Raume), in letzterem nach einander (in der Zeit) erscheinen. In beiden Fällen tritt aber, was sehr bezeichnend ist, eine Wiederholung derselben Farben ein. — Wie schon beim Stabeisen und Roheisen erwähnt wurde, ist es nicht der Stahl allein, welcher die Eigenschaft des Anlaufens besitzt, sondern sie kommt auch den beiden erstgenannten, wie dem reinen Eisen zu. Ein Unterschied findet hierbei nur in der Hinsicht statt, daß das Eintreten der Anlauffarben bei den verschiedenen Eisengattungen früher oder später geschieht. Weißes Roheisen zeigt dieselben wahrscheinlich bei der niedrigsten Temperatur, dann folgt Stahl, dann graues Roheisen, dann Stabeisen und zuletzt reines Eisen. Es scheint nämlich als Regel aufgestellt werden zu können, daß das Eisen desto eher anläuft, je härter es ist. Daß hierbei zuweilen keine ganz geringen Temperaturunterschiede stattfinden, ersieht man daraus, daß z. B. mancher Stahl schon karmoisinroth ist, während Stabeisen bei derselben Temperatur erst gelb erscheint. — Der Stahlarbeiter benutzt die Anlauffarben des Stahls zur richtigen Beurtheilung der mehr oder weniger bedeutenden Härtegrade, die er den verschiedenen Stahlwaaren durch das Anlassen (s. Verhalten des Stahls zur Wärme) geben muß.

Auflösbarkeit des Stahls.

Auflösbarkeit des Stahls. Verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure scheiden, beim Auflösen des weichen Stahls, eine größere Menge jener graphitähnlichen Substanz (Polycarburet) ab, als beim Stabeisen. Wenn man verdünnte Salpetersäure zur Auflösung des weichen Stahls anwendet, erhält man dieses Polycarburet nicht, weil es von der Säure,

unter theilweiser Auflösung und mit Zurücklassung des röthlichbraunen, kohligen Körpers zersetzt wird. In concentrirter Salzsäure löst sich der weiche Stahl ohne Residuum auf. In starker Schwefelsäure hinterläßt er anfangs das graphitähnliche Polycarburet, dasselbe wird aber bald in schwarzbraune, kohlige Substanz umgewandelt. Concentrirte Salpetersäure verhält sich ähnlich wie die verdünnte; das Polycarburet wird zersetzt, die Säure färbt sich braun, und ein Theil der röthlichbraunen Substanz wird aufgelöst. Der stark gehärtete Stahl wird im Allgemeinen von Säuren, besonders von den verdünnten, weit schwerer angegriffen als der ungehärtete, weiche. Uebrigens zeigt derselbe beim Auflösen Erscheinungen, ganz ähnlich wie sie beim weißen Roheisen angeführt wurden (s. Auflösbarkeit des Roheisens und Stabeisens).

Kohle-Bestimmung in den versch. Eisensorten.

Um sowohl aus Stahl, als aus Stabeisen und Roheisen den ganzen Eisengehalt zu extrahiren, und doch zugleich hierbei alle Kohle ungelöst zu lassen, darf man sich keiner freien Säuren bedienen, weil diese, wie schon mehrfach erwähnt, keine genaue Abscheidung des Kohlenstoffs zulassen, indem derselbe theils in Verbindung mit Wasserstoff, theils in dem sich bildenden flüchtigen Oele (s. Auflösbarkeit des Roheisens) fortgeführt, theils aber auch, besonders bei Anwendung von Salpetersäure, in der Säure aufgelöst wird. Es giebt viele Methoden zur Bestimmung des Kohlegehaltes der verschiedenen Eisengattungen, welche aber nicht alle eine gleiche Empfehlung verdienen. Hier mögen nur zwei derselben näher beschrieben werden, welche Berzelius angegeben hat. Die eine dieser Methoden ist folgende: Man schmilzt Chlorsilber zu einem Kuchen, und legt diesen in ein Gefäß mit Wasser, worauf man das zur Analyse bestimmte Stück Eisen auf das Chlorsilber legt, und das Gefäß wohl verschließt, damit die Luft ausgeschlossen werde. Wird das Wasser mit einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure versetzt, so geht die Operation etwas rascher. Das Eisen verbindet sich dabei mit dem Chlor im Silbersalze, welches zu metallischem Silber reducirt wird, und löst sich auf; der Gehalt des Eisens an Kohlenstoff und Graphit bleibt auf dem reducirten Silberkuchen, von welchem es mit der größten Leichtigkeit abgeschieden werden kann, liegen. Ist das Stück Eisen dick, so erfordert die Operation einige Zeit, wenn es vollständig zerlegt werden soll. 1 Thl. Eisen erfordert zur Auflösung $5^1/_8$ Thle. geschmolzenes Silberchlorid; aber man muß immer etwas mehr von letzterem nehmen. Die zweite Methode ist von Berzelius später als die angeführte vorgeschlagen, und hat unstreitige Vortheile vor dieser. Es wird bei derselben namentlich, wenn sie vorsichtig angestellt wird, selbst die geringste Wasserstoffentwicklung vermieden. Man digerirt das möglichst fein zertheilte Eisen mit einer Auflösung von Kupferchlorid, deren Quantität mehr als hinreichend seyn muß, um

es in Eisenchlorür zu verwandeln. Bei einer Temperatur von etwa 50° C. ist dies nach 24 Stunden geschehen. Die Flüssigkeit wird abgegossen, das rückständige, mit Kohle gemengte Kupfer wird mit einer concentrirten und mit Salzsäure gemischten Lösung von Kupferchlorid digerirt, bis das Kupfer in der Säure als Chlorür aufgelöst ist, worauf die zurückbleibende Kohle gesammelt wird. Nach Karsten's Erfahrungen ist jene Digerirwärme von 50° C. zu hoch, und eine kleine Wasserzersetzung soll sich dabei nicht vermeiden lassen; eine Temperatur von 5° bis 8° C. fand er für die zweckmäßigste. Ferner hat Regnault (Erdmann und Marchand's Journ. f. prakt. Chem. Bd. 17, S. 231) vorgeschlagen, das fein zertheilte Eisen in einem Apparate zu verbrennen, wie derselbe zur Elementar-Analyse organischer Körper angewendet wird; den Kohlenstoff also aus der hierbei erzeugten Kohlensäure zu bestimmen. Bromeis (Bergwerksfreund Bd. 5, S. 337) bedient sich ebenfalls dieses Apparates, wendet aber zur Verbrennung ein Gemenge von chromsaurem Bleioxyd und chlorsaurem Kali an. Karsten (dessen Archiv für Min., Geogn., Bergb. und Hüttenk. Bd. 21, S. 500) hat alle diese Methoden einer Prüfung unterworfen und bei der Analyse eines Spiegeleisens von der Saynerhütte folgende Resultate erhalten.

Die Untersuchung geschah:

	Gefundener Gehalt an Kohlenstoff.
1) durch die Elementar-Analyse mit Kupferoxyd . . .	4,2835 Proc.
2) durch die Elementar-Analyse mit chlorsaurem Kali und chromsaurem Bleioxyd	5,7046 „ 5,6987 „
3) durch Zerlegung mit Kupferchlorid	5,5523 „ 5,6978 „
4) durch Zerlegung mit Eisenchlorid	5,4232 „ 5,2867 „
5) durch Zerlegen mit Chlorsilber	5,6056 „ 5,7234 „

Hiernach stellen sich die Elementar-Analyse mit chlorsaurem Kali und chromsaurem Bleioxyd und die Zerlegung durch Chlorsilber oder Kupferchlorid als die empfehlenswerthesten Methoden heraus. Endlich muß hier noch einer älteren, von Schrötter (Berg- und hüttenm. Zeitg. Bd. 7, S. 160) neuerlich verbesserten und wieder in Anregung gebrachten Methode gedacht werden, welche in der Erhitzung des fein zertheilten Eisens in einem darüber geleiteten Strome von reinem (besonders sauerstofffreiem) Chlorgase besteht. — Hat man die Kohle nicht durch Verbrennung bestimmt, sondern durch eine der angeführten Zerlegungs-Methoden abgeschieden, so

darf man nicht versäumen, sie auf ihre Reinheit zu untersuchen. Dieselbe kann nämlich, außer Graphit, Polycarburet und kohlige (moderähnliche) Substanz, noch hauptsächlich Kieselerde, ja selbst Arsenik (Schafhäutl in Erdmann und Marchand's Journ. Bd. 21, S. 129, so wie Wöhler in Liebig und Wöhler's Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. 31, S. 95) und Schwefel (Schafhäutl a. a. O.) enthalten. — Soll nicht bloß der Kohlegehalt einer Eisensorte bestimmt, sondern auch noch ermittelt werden, wie viel von demselben chemisch an Eisen gebunden, und wie viel mechanisch als Graphit eingemengt war, so bedarf es dazu noch eines besonderen Versuches. Karsten giebt hierzu folgende Vorschrift. Man löst das Eisen in Königswasser auf, filtrirt, wäscht das Filtrum erst mit verdünnter Säure und dann mit Wasser vollständig aus, trocknet das Filtrum sorgfältig, nimmt dann den Inhalt desselben vorsichtig mit einem Spatel und zuletzt mit der Fahne einer Feder ab, und kocht ihn in einem silbernen Schälchen mit Aetzkalilauge, welche nicht allein die Kieselerde, sondern auch die mit dem Eisen chemisch verbunden gewesene Kohle, so viel davon nicht als Gas fortgegangen, oder von der sauren Auflösung aufgenommen worden ist, auflöst. Dann wird die Flüssigkeit stark mit Wasser verdünnt, und auf ein gewogenes Filtrum gebracht. Man süßt vollständig mit Wasser, dann mit Salzsäure und dann wieder mit Wasser aus, trocknet das Filtrum zuerst an der Luft, dann in einem tarirten Platintiegel bei 140 bis 150° C. Durch Abzug des Gewichtes des Filtrums erhält man das Gewicht des Graphits, welcher beim Verbrennen nur Asche vom Filtrum zurückläßt.

E. Vergleichender Ueberblick über die chemische Constitution des Stabeisens, Stahls und Roheisens.

Berücksichtigen wir von den fremden Stoffen, durch deren Beimischung sich die im Großen gewonnenen Eisensorten von dem chemisch reinen Eisen unterscheiden, zunächst nur denjenigen, welcher jene Eisensorten am meisten charakterisirt, nämlich den Kohlenstoff, so muß die Frage entstehen: ob die procentische Menge dieses Körpers ein hinreichendes Kriterium zur Aufstellung scharfer Grenzen zwischen Stabeisen, Stahl und Roheisen abgiebt? Karsten's Untersuchungen lehren uns hierüber Folgendes. Eisen, welches außer 0,65 Proc. Kohlenstoff keine andere Beimischungen enthält, erlangt nach dem Ablöschen in Wasser (Härten) bereits einen solchen Härtegrad, daß es am Stahle Funken giebt. Ein solches Eisen läßt sich daher schon als Stahl betrachten. Stahl, mit einem Kohlegehalt von 1,4 — 1,5 Proc. zeigt nach dem Ablöschen einen sehr bedeutenden Härtegrad und scheint das Maximum der Festigkeit er-

Können die Eisensorten bloß n. d. Kohlegehalt unterschieden werden?

reicht zu haben. Bei gesteigertem Kohlegehalte nimmt die Härte desselben zu, aber sowohl seine Festigkeit als Schweißbarkeit vermindern sich. Mit 1,75 Proc. Kohle besitzt er nur noch geringe Schweißbarkeit, mit 1,9 Proc. ist er in der Hitze kaum mehr schmiedbar, läßt sich aber in der Kälte noch ausdehnen und scheidet — geschmolzen und langsam abgekühlt — noch keinen Kohlenstoff als Graphit aus. Undehnbarkeit in der Kälte und Graphitausscheidung treten erst bei etwa 2,3 Proc. Kohlegehalt ein; und hier würde sich daher die Grenze zwischen Stahl und Gußeisen setzen lassen.

Unterscheid.-Grenzen hinsichtlich des Kohlegehaltes.

Unter Nichtberücksichtigung anderer Bestandtheile ist folglich Eisen mit einem Kohlegehalte

	bis ungefähr 0,65 Proc.	= *Stabeisen*
von ungefähr 0,65 Proc.	» » 2,30 »	= *Stahl*
(» » 1,40 »	» » 1,50 »	= festester Stahl)
» » 2,30 »	» » 5,75 »	= *Roheisen.*

Diese Grenzen haben nur Gültigkeit unter den eben gedachten Annahmen, nämlich 1) daß jedes dehnbare Eisen, welches nach dem Ablöschen im Wasser (Härten) am Feuersteine Funken giebt, als Stahl zu betrachten ist, und 2) daß Undehnbarkeit in der Kälte und Graphitausscheidung bei langsamem Erkalten Charaktere des Roheisens sind. Ferner ist bei Aufstellung dieser Grenzen nach dem Kohlegehalte angenommen worden, daß dem Eisen nur unbeträchtliche Mengen anderer Bestandtheile als Kohlenstoff beigemischt seyen. Letzteres ist nun aber bei den im Großen gewonnenen Eisensorten sehr häufig *nicht* der Fall. Es fragt sich daher: ob beträchtliche Beimischungen anderer Bestandtheile als Kohlenstoff keine Veränderungen der angeführten Grenz-Normen — 0,65 Proc. und 2,30 Proc. Kohlenstoff — zwischen Stabeisen, Stahl und Roheisen zur Folge haben?

Modifikation dieser Grenzen.

Die Grenze zwischen Stabeisen und Stahl beruht auf dem Härtegrade des in Wasser abgelöschten Eisens. Dieser Härtegrad wird aber nicht bloß durch die im Eisen vorhandene Menge des Kohlenstoffs, sondern auch durch die darin vorhandene Quantität verschiedener anderer Stoffe bedingt. Enthält das Eisen kleine Antheile von Silicium, Schwefel, Phosphor, Arsenik u. s. w., so wird, nach Verhältniß ihrer Quantität, eine desto geringere Quantität Kohlenstoff dazu erfordert werden, um jenen Härtegrad hervorzubringen. Unter solchen Umständen kann sich, nach *Karsten*, Eisen mit z. B. 0,5 Proc. Kohlenstoff schon als Stahl erweisen. *Die Grenze zwischen Stahl und Roheisen* beruht auf Undehnbarkeit in der Kälte und Graphitausscheidung bei langsamem Erkalten. Beides ist eben so wenig ausschließlich vom Kohlegehalte abhängig, sondern erleidet ebenfalls Modifikationen durch die Art und Menge jener anderen Beimischungen. Nicht allein,

daß letztere mehr oder weniger zur Undehnbarkeit beitragen, sondern es scheint auch, daß größere Mengen einiger derselben — namentlich Silicium — der Graphitausscheidung förderlich sind. — Ausschließlich auf den procentischen Kohlegehalt basirte, scharfe Grenzen zwischen Stabeisen, Stahl und Roheisen lassen sich folglich nicht aufstellen, sondern die Unterscheidung dieser drei Eisensorten von einander geschieht am sichersten nach ihren oben erwähnten normalen Eigenschaften.

Welche Beimischungen des Eisens sind nützlich?

Nachdem wir auf diese Weise die Rolle kennen gelernt haben, welche die verschiedenen fremden Beimischungen des Stabeisens, Stahls und Roheisens in Bezug auf die Grenzen zwischen diesen Eisensorten spielen, gelangen wir zu einer anderen Frage. Welche dieser Beimischungen sind hinsichtlich der erstrebten vorzüglichsten Qualität der drei Eisensorten als nützliche zu betrachten? Soweit diese Frage das Stabeisen betrifft, ist sie schon beantwortet worden, als von den Eigenschaften desselben die Rede war; in Betreff des Stahls und Roheisens bedarf sie dagegen noch der Erläuterung. Ob ein reiner Kohlenstoff-Stahl von mittlerem Kohlegehalte (Stahl mit etwa 1,5 Proc. Kohlenstoff ohne andere Beimischungen) die vorzüglichsten Eigenschaften besitze, dürfte zweifelhaft seyn; es scheint sich vielmehr herauszustellen, daß die am meisten erstrebten Eigenschaften des Stahls — Härte und Festigkeit bei erforderlicher Geschmeidigkeit — solchen Stahlsorten zukommen, welche außer Kohlenstoff noch eine gewisse Menge anderer Stoffe enthalten. Daß ein Mangangehalt in dieser Beziehung vortheilhaft wirkt, ist allgemein anerkannt. Nach Schafhäutl gilt dies auch von einem gewissen Gehalt an Silicium (bis etwa 0,2 Proc.), ja selbst von Schwefel und Arsenik. Schafhäutl ist der Meinung, daß das Silicium ein eben so nothwendiger Bestandtheil guten Stahles sey wie der Kohlenstoff. Was das Roheisen anbelangt, so kommt es darauf an, ob es zur Stabeisen-Erzeugung oder zur Fabrikation von Gußwaaren verwendet werden soll. Im ersteren Falle sieht man natürlich alle diejenigen Bestandtheile in demselben nicht gern, welche die Güte des Stabeisens beeinträchtigen. Ein Gehalt an Silicium und Aluminium wird durch den Frischproceß leicht entfernt oder doch bis zu dem erforderlichen Grade vermindert; weit weniger leicht ein Gehalt an Phosphor, Schwefel und Arsenik. Im zweiten Falle kommt es darauf an, daß das Roheisen sowohl hinreichende Dünnflüssigkeit im geschmolzenen, als möglichst große Festigkeit und Dichtigkeit im erstarrten Zustande besitzt. Das phosphorhaltige Roheisen ist dünnflüssig und nach dem Erkalten von bedeutender Härte, zugleich aber von großer Sprödigkeit; das schwefelhaltige Roheisen ist unter gewissen Umständen brauchbar zum Guß, unter anderen aber (wenn es bei einem übersetzten Ofengange erzeugt wurde) gewöhnlich porös und blasig in seinem Inneren. Auch ein mit Graphit

und Silicium überladenes Roheisen eignet sich nicht zur Anfertigung von Gußwaaren.

Zusammensetzung der verschiedenen Eisensorten.

Als Beispiele von der Zusammensetzung verschiedener Roheisen-, Stahl- und Stabeisensorten mögen die Resultate folgender Analysen dienen.

Graues Roheisen m. höherem Kohlegehalte.

Graues Roheisen mit höherem Kohlegehalte.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Freie Kohle (Graphit)	3,85	3,48	2,71	1,99	2,38	3,04
Gebundene Kohle	0,48	0,95	1,44	2,78	2,08	0,57
Schwefel	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0,003
Phosphor.	1,22	1,68	1,22	1,23	0,08	—
Silicium	0,79	1,91	3,21	0,71	1,31	0,57
Aluminium	Spur	Spur	Spur	Spur	—	—
Mangan	Spur	Spur	Spur	Spur	7,42	—
Eisen	93,66	91,98	91,42	93,29	86,73	95,817
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,000
Summe der Kohle	4,33	4,43	4,15	4,77	4,46	3,61
Summe der anderen fremden Bestandtheile außer Mangan .	2,01	3,59	4,43	1,94	1,39	0,573

1) Sehr graues Roheisen von Lerbach (bei Clausthal) im Harz, bei fichtenen Holzkohlen und kaltem Winde erblasen. 2) Sehr graues Roheisen von ebendaher, bei fichtenen Holzkohlen und 90° R. heißem Winde erblasen. 3) Gaares graues Roheisen von Königshütte im Harze, bei buchenen Holzkohlen und 200° R. heißem Winde erblasen. 4) Halbirtes Roheisen von ebendaher, bei kaltem Winde erblasen. 5) Graues Roheisen von Hammhütte (Sayn-Altenkirchen), aus einer Beschickung von 14 Gwthln. Spatheisenstein und 9 Gwthln. Brauneisenstein. 6) Graues Roheisen von Königshütte in Oberschlesien, aus Brauneisenstein bei kalter Luft. Die Analysen der Roheisensorten 1. — 4. sind von Bodemann, die von 5. und 6. wurden im Laboratorio des Bergwerks-Departements zu Berlin angestellt. In der Roheisensorte 3. fanden sich ferner Spuren von Magnesium und Calcium, in der Sorte 4. außerdem noch Spuren von Chrom oder Vanadin. Die Sorte 5. enthielt schwache Spuren von Magnesium.

Graues Roheisen mit niederem Kohlegehalte.

Graues Roheisen m. niederem Kohlegehalte.

	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Freie Kohle (Graphit)	3,38	2,34	1,40	1,80	1,52	0,18
Gebundene Kohle		0,93	1,20	0,40	0,30	1,00
Schwefel	0,18	0,06	0,35	1,40	0,60	3,75
Phosphor	—	0,15	0,39	1,30	0,95	0,38
Silicium	4,86	3,37	1,53	2,80	1,79	1,30
Aluminium	1,01	—	—	—	—	—
Kupfer	—	0,10	—	—	—	—
Mangan	—	1,23	0,50	—	2,60	?
Eisen	90,57	92,87	94,63	92,30	92,24	93,39
	100,00	101,05	100,00	100,00	100,00	100,00
Summe der Kohle	3,38	3,27	2,60	2,20	1,82	1,18
Summe der anderen fremden Bestandtheile außer Mangan	6,05	3,68	2,27	5,50	3,34	5,43

7) Graues französisches Roheisen. 8) Graues R. vom Mägdesprung im Harz, aus Rotheisenstein, Sphärosiderit und Brauneisenstein. 9) Graues Englisches R. von Calder, zur Anfertigung von Gußwaaren sehr geeignet. 10) Graues Englisches R. von Clyde, ebenfalls zur Anfertigung von Gußwaaren geeignet. 11) Weißgraues Englisches R. von ebendaher. 12) Weißgraues, höchst sprödes Französisches R. von Firmy (Depart. Aveyron), aus Sphärosiderit. Die Analyse 7. ist von Schafhäutl, 8. von Bromeis, die Analysen 9. — 12. sind von Berthier.

Weißes Roheisen mit höherem Kohlegehalte.

Weißes Roheisen m. höherem Kohlegehalte.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kohle	5,80	5,44	5,14	5,41	4,26	3,82
Schwefel	0,65	—	0,002	Spur	—	0,05
Phosphor	—	—	0,08	Spur	—	0,05
Silicium	1,86	0,18	0,56	0,37	0,08	0,17
Aluminium	0,11	—	—	—	—	—
Arsenik	4,05	—	—	—	—	—
Stickstoff	0,87	1,20	—	—	0,75	—
Kupfer	—	0,17	—	0,18	—	0,08
Mangan	—	4,00	4,50	4,24	0,85	6,95
Eisen	86,66	88,96	89,718	89,80	94,06	89,63
	100,00	99,95	100,000	100,00	100,00	100,75

1) Spiegeleisen von Alais. 2) Spiegeleisen. 3) Spiegeleisen von Hammhütte (Sayn-Altenkirchen), aus 14 Gwthln. Spatheisenstein und 9 Gwthln. Brauneisenstein erblasen. 4) Weißes Roheisen von Lohhütte bei Müsen, dem Spiegeleisen nahe stehend; aus Spatheisenstein. 5) Großluckiges R. 6) Spiegeleisen vom Mägdesprung im Harz, aus Spatheisenstein. Die Analysen 1., 2. und 5. sind von Schafhäutl, die Analysen 3. und 4. wurden im Laboratorio des Bergwerks-Departements zu Berlin angefertigt, die Analyse 6. ist von Bromeis. Außer den angeführten Bestandtheilen gab die Analyse 2. noch 0,12 Zinn.

Weißes Roheisen mit niederem Kohlegehalte.

Weißes Roheisen mit niederem Kohlegehalte.

	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Kohle	3,18	3,02	2,91	2,75	1,91	1,40
Schwefel	—	Spur	0,01	0,38	1,11	0,30
Phosphor	—	0,40	0,08	—	—	2,30
Silicium	0,53	0,33	0,001	0,48	1,01	4,10
Aluminium	—	—	—	0,01	0,06	—
Arsenik	—	—	—	4,08	—	—
Stickstoff	0,93	—	—	1,04	0,72	—
Kupfer	—	0,11	—	—	—	—
Mangan	0,22	3,27	1,79	—	—	?
Eisen	95,14	92,26	95,209	91,26	95,19	91,90
	100,00	99,39	100,000	100,00	100,00	100,00

7) Kleinluckiges R. 8) Grelles weißes R. von Mägdesprung, aus Spatheisenstein mit Frischschlacken erblasen. 9) Weißes R. von Hammhütte (Sayn-Altenkirchen), von übersetztem Ofengange. 10) Weißes Französisches R. von Alais. 11) Weißes Französisches R. von Creuzot. 12) Weißes Französisches R. von Firmy, äußerst spröde. Die Analysen 7., 10. und 11. sind von Schafhäutl, die Analyse 8. ist von Bromeis, die Analysen 9. und 12. sind von Berthier.

Stahl.

Stahl.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kohle	1,94	1,72	1,43	1,70	1,13	0,97
Schwefel	Spur	—	1,00	Spur	Spur	Spur
Phosphor	—	—	—	—	—	—
Silicium	Spur	0,22	0,52	0,04	Spur	0,59
Arsenik	—	0,007	0,98	—	—	—
Antimon	—	—	0,12	—	—	—
Stickstoff	—	—	0,18	—	—	—
Kupfer	Spur	0,07	—	0,38	—	—
Zinn	—	—	Spur	Spur	—	—
Mangan	—	0,02	1,92	—	—	—
Eisen	98,06	97,94	93,80	97,88	98,87	98,44
	100,00	99,977	99,90	100,00	100,00	100,00

1) Edelstahl aus der Paal bei Murau; sogenannter Brescianstahl. 2) Gegossener Cementstahl von Sheffield. 3) Bester Englischer Gußstahl (Rasirmesserstahl) von Sheffield. 4) Edelstahl aus Siegen. 5) Edelstahl aus Steyermark. 6) Stahl, welcher nach Siegener Art aus Steyerschen Flossen auf der Lohhütte gefrischt worden ist. Die Analysen 1., 4., 5. und 6. wurden im Laboratorio des Bergwerks-Departements zu Berlin unternommen, die Analysen 2. und 4. sind von Schafhäutl.

Stabeisen.

Stabeisen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kohle	0,84	0,66	0,41	0,40	0,24	0,09
Schwefel	—	—	—	Spur	—	0,007
Phosphor	—	—	0,40	—	Spur	—
Silicium	0,12	Spur	0,08	0,01	0,03	0,03
Arsenik	0,02	—	—	—	—	—
Kupfer	0,07	0,05	—	0,32	—	—
Mangan	0,05	0,29	0,04	0,30	Spur	—
Eisen	98,78	99,13	98,90	98,88	99,73	99,873
	99,88	100,13	99,83	99,91	100,00	100,000

1) Schwedisches Dannemora-Eisen. 2) Sehr dichtes Stabeisen von Mägdesprung am Harze. 3) Englisches Stabeisen aus Süd-Wales. 4) Dichtes Stabeisen von Mägdesprung. 5) Schwedisches Stabeisen. 6) Stabeisen von Rybnik in Oberschlesien. Die Analysen 1. und 3. sind von Schafhäutl, 2. und 4. von Bromeis, 5. und 6. wurden im Laboratorio des Bergwerks-Departements zu Berlin ausgeführt. —

Chem. und mechan. Constitution d. versched. Eisensorten.

Durch die Analysen des Roheisens, Stahls und Stabeisens lernen wir zwar die Bestandtheile dieser Eisensorten kennen, erhalten dadurch aber keinen vollständigen Aufschluß über ihre chemische Constitution. In geschmolzenem Zustande lassen sich dieselben als Auflösungen der in ihnen vorhandenen fremden Stoffe in flüssigem Eisen betrachten; ob aber einige dieser Stoffe als solche oder ob sie alle in Gestalt von (binären oder zusammengesetzteren) Verbindungen aufgelöst seyen, bleibt unausgemacht. Versetzt man Roheisen, Stahl und Stabeisen aus dem geschmolzenen — oder letztere beide auch nur aus dem stark erhitzten — Zustande möglichst schleunig in den erkalteten, so erfolgt wohl kaum eine erhebliche Veränderung der chemischen Constitution. Weißes Roheisen, gehärteter Stahl und abgelöschtes Stabeisen lassen sich daher als erstarrte Auflösungen der gedachten Art betrachten; oder doch als Massen, in denen überall eine gleichmäßige Vertheilung ihrer fremden Gemengtheile stattfindet. Graues Roheisen, weicher Stahl und langsam erkaltetes Stabeisen dagegen besitzen nicht diese Homogenität. Die allmälige Abkühlung, unter welcher sie sich bildeten, gab den im flüssigen Eisen aufgelösten Stoffen und Verbindungen Gelegenheit, sich so zu gruppiren und theilweise chemisch zu verändern, wie dies den Kräften der Krystallisation und den Wirkungen der allmälig sich erniedrigenden Temperatur am meisten entsprach. Am augenfälligsten zeigt sich eine solche Heterogenität beim grauen Roheisen. Die Grundmasse desselben — hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung als ein weicher, sehr unreiner Stahl zu betrachten —, umschließt Blättchen von Graphit und graphitähnlicher Substanz. Auch der weiche Stahl, ja selbst das langsam abgekühlte Stabeisen enthalten Blättchen der letzteren, allein nur in so geringer Menge, daß sie sich auf der Bruchfläche nicht zu erkennen geben, sondern erst bei der Auflösung in Säuren zum Vorschein kommen. Wir haben dieser Substanz bereits früher gedacht, und es wurde dabei angeführt, daß Karsten sie als ein Polycarburet des Eisens betrachte. Neuerlich hat jedoch Karsten diese Ansicht geändert (man sehe Dessen Archiv Bd. 21, S. 500). Schafhäutl*) hat nachzuweisen gesucht, daß nicht allein

Karsten's Polycarburet.

*) Die Ansichten Schafhäutl's über die chemische Constitution des Roh-

der graphitähnlichen Substanz, sondern auch dem Graphit ein Gehalt an Silicium eigen sey. So viel kann als ausgemacht gelten, daß aller im grauen Roheisen vorkommende Graphit nicht chemisch rein, sondern mehr oder weniger durch Eisen und Silicium, zuweilen vielleicht auch noch durch andere Stoffe verunreinigt ist. Die graphitähnliche Substanz dürfte daher wohl nur als ein mehr als gewöhnlich verunreinigter Graphit zu betrachten seyn.

II. Von den Eisenerzen und dem Probiren derselben.

A. Von den Eisenerzen.

Im weitesten Sinne des Wortes kann man alle diejenigen Mineralien »Eisenerze« nennen, welche Eisen als einen ihrer chemischen Bestandtheile enthalten. Der Metallurg hingegen versteht hierunter ausschließlich solche Mineralien und natürlich vorkommende Mineralgemenge (siehe S. 2), welche in dem Grade eisenhaltig und frei von schädlichen Bestandtheilen sind, daß aus denselben ein zu technischen Zwecken brauchbares Eisen mit ökonomischem Vortheil gewonnen werden kann. Die oryktognostischen Species, welche diesen Anforderungen genügen und daher in metallurgischer Beziehung als Eisenerze gelten, sind hauptsächlich folgende.

Magneteisenstein.

Magneteisenstein. Eine Verbindung von 1 At. Eisenoxydul mit 1 At. Eisenoxyd, $\dot{Fe}\dddot{Fe}$, einer Zusammensetzung von 31,03 Eisenoxydul und 68,97 Eisenoxyd, und einem Eisengehalte von 72,40 Proc. entsprechend. Wird vom Magnet gezogen, und ist zuweilen attraktorisch magnetisch. Von eisenschwarzer Farbe und schwarzem Strich; gewöhnlich vollkommen metallglänzend. Findet sich krystallisirt (tesseral), krystallinisch und unkrystallinisch. Nicht selten von Schwefelkies, zuweilen auch von Blende, Bleiglanz, Arsenikkies, Kupferkies, Apatit, Schwerspath und anderen, seine Brauchbarkeit als Eisenerz beeinträchtigenden Mineralien begleitet. Kommt besonders in Schweden, Norwegen, im Ural und in Nordamerika in sehr beträchtlichen Massen vor, welche zu einer sehr wichtigen und ausgedehnten Eisenproduktion Veranlassung geben. Von

---

eisens, Stahls und Stabeisens, so wie dessen chemische Untersuchungen dieser Eisensorten findet man, ausführlicher als beides hier mitgetheilt werden konnte, in Erdmann und Marchand's Journal f. prakt. Chemie Bd. 19, S. 159 und 408, Bd. 20, S. 465 und Bd. 21, S. 129. Ferner sehe man den von Schafhäutl ausgearbeiteten Artikel »Stahl« in Prechtl's Technologischer Encyklopädie, Bd. 15.

großer Berühmtheit, sowohl wegen der Menge des Erzes als der Güte des daraus gewonnenen Eisens, ist die Magneteisenstein-Fundstätte zu Dannemora in Schweden.

Eisenglanz. Eisenglanz. Reines Eisenoxyd, $\ddot{F}e$, einer Zusammensetzung von 69,99 Eisen und 30,01 Sauerstoff entsprechend. Von stahlgrauer Farbe und kirschrothem bis röthlich braunem Strich; vollkommen metallglänzend. Häufig bunt angelaufen. Findet sich krystallisirt (rhomboedrisch), krystallinisch und unkrystallinisch. Nicht selten ist der Eisenglanz etwas titanoxydhaltig; zuweilen wird er von Schwefelkies, Rutil u. s. w., im Allgemeinen aber seltener und von einer geringeren Anzahl schädlicher Mineralien begleitet als Magneteisenstein. — In neuerer Zeit hat man es mehrfach und zum Theil mit gutem Erfolge versucht, auch das Titaneisen ($\ddot{F}e$ mit einem beträchtlichen Gehalte an $\ddot{T}i$) zur Eisenerzeugung anzuwenden. — Eine der bedeutendsten Eisenglanz-Lagerstätten ist die auf der Insel Elba. Ihr Erzreichthum ist durch einen mehr als 2000jährigen Verbrauch noch keinesweges erschöpft worden.

Rotheisenstein. Rotheisenstein. Von der Zusammensetzung des Eisenglanzes. Die Verschiedenheit dieser beiden Erze scheint durch genetische Verhältnisse und damit zusammenhängende verschiedenartige Molekular-Zustände bedingt zu seyn. Das specif. Gew. des Eisenglanzes (5,0 — 5,3) ist stets größer als das des Rotheisensteins (4,7 — 4,9). Farbe: dunkel stahlgrau bis bräunlich roth und blutroth. Strich: blutroth. Findet sich nur krystallinisch und unkrystallinisch; häufig in traubigen, nierenförmigen und tropfsteinartigen Gestalten von faseriger, stänglicher oder schaliger Zusammensetzung. Halb metallisch glänzend. Von Schwefelkies wird der Rotheisenstein nur selten begleitet, sehr häufig aber von Schwerspath. Zuweilen besitzt er einen kleinen Gehalt von Manganoxyd und Kieselerde. Kommt in großer Verbreitung vor und ist eins der zur Eisengewinnung am häufigsten angewendeten Eisenerze.

Brauneisenstein. Brauneisenstein. Eine Verbindung von Eisenoxyd und Wasser. Es giebt zwei Arten desselben: das Nadeleisenerz, $\ddot{F}e\dot{H}$, (89,89 Eisenoxyd und 10,11 Wasser) und das Brauneisenerz, der eigentliche Brauneisenstein, $\ddot{F}e^2\dot{H}^3$ (85,58 Eisenoxyd und 14,42 Wasser). Das Nadeleisenerz ist wegen seines seltneren Vorkommens von geringer Wichtigkeit für den Metallurgen. Das Brauneisenerz wird zuweilen undeutlich krystallisirt angetroffen; am häufigsten bildet es kugelige, traubige, nierenförmige und tropfsteinartige Gestalten von faseriger oder dichter Zusammensetzung. Farbe: braun bis schwärzlich braun. Strich: gelblichbraun. Halb metallischer Glanz. Ebenfalls ein sehr verbreitetes Eisenerz, welches wie der Rotheisenstein häufig von Schwerspath begleitet

wird. — Brauneisenstein mit einem so beträchtlichen Gehalt an Manganoxyd, daß das Mineral dadurch sehr dunkel bis schwarz gefärbt erscheint, wird von einigen Mineralogen Schwarzeisenstein genannt.

Gelbeisenstein.

Gelbeisenstein. Man pflegt hierunter alle Eisenoxydhydrat-Erze von ockergelber bis braungelber Farbe und ockergelbem Striche zu verstehen. Dieselben dürften großentheils Gemenge seyn, deren Farbe vorzugsweise von Eisenoxydhydraten herrührt, welche mehr Wasser als das gewöhnliche braune Hydrat, $\ddot{F}e^2\dot{H}^3$, enthalten. Nach Hausmann tritt besonders $\ddot{F}e\dot{H}^2$ auf. Hermann hat in einem hierher gehörigen Eisenerze (Raseneisenstein von Nischei Nowgorod) $\ddot{F}e\dot{H}^3$ nachgewiesen. In einer beträchtlichen Anzahl der Gelbeisensteine kommt gewässertes basisch schwefelsaures Eisenoxyd vor, zuweilen auch basisch kieselsaures, phosphorsaures und arseniksaures Eisenoxyd. Aus solchen Gelbeisensteinen, namentlich aus dem Raseneisenstein (Sumpferz, Wiesenerz, Seeerz), läßt sich oft nur schwierig ein brauchbares Eisen gewinnen. Die meisten Gelbeisensteine sind unkrystallinisch, von muschligem oder erdigem, seltener von faserigem Bruche. Sie sind alle neuerer und neuester Bildung, und zwar gewöhnlich Umwandlungsprodukte von Schwefelkies, Spatheisenstein, Arsenikkies u. s. w.

Raseneisenstein.

Spatheisenstein.

Spatheisenstein. Kohlensaures Eisenoxydul, $\dot{F}e\ddot{C}$, gewöhnlich einige Procent kohlensaures Manganoxydul, nicht selten auch kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Talkerde enthaltend. Die Zusammensetzung des reinen Spatheisensteins ist 62,1 Eisenoxydul und 37,9 Kohlensäure, einem Eisengehalte von 48,3 Proc. entsprechend. Farbe: weiß, selten rein weiß. Der Spatheisenstein verändert sich leicht an der Luft, indem sich ein Theil seines Eisenoxyduls in Eisenoxyd umwandelt, und eine entsprechende Menge der Kohlensäure entweicht. Auf dieser Zersetzung beruht die bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit sehr bald eintretende Farbeveränderung vom Weißen ins Bräunlichgelbe und Braune. In der Regel findet er sich krystallinisch und nicht selten krystallisirt (rhomboedrisch; ganz analog mit Kalkspath). Den faserigen Spatheisenstein, welcher kugelige, traubige oder nierenförmige Gestalten bildet, nennt man Sphärosiderit. An mehreren Orten kommt der Spatheisenstein fast gänzlich ohne Begleitung schädlicher Mineralsubstanzen vor; im Allgemeinen gehört er zu den meist geschätzten Eisenerzen. In sehr beträchtlichen Massen findet er sich in Steyermark (Eisenerz, Neuberg), Kärnthen, in der Rheingegend u. s. w.

Thoneisenstein.

Thoneisenstein. Hierunter begreift man mechanische Gemenge von Thon — zuweilen auch von Sand, kohlensaurem Kalk u. s. w. — mit einigen der vorher genannten Eisenerze. Rother, brauner und gelber Thoneisenstein sind Gemenge dieser Art, deren Farbe respek-

tive von Rotheisenstein, Brauneisenstein und Gelbeisenstein herrührt. Auch ein Gemenge von Thon mit Spatheisenstein, **thoniger Spatheisenstein**, kommt vor. Ferner gehört das **Bohnenerz** hierher, kugelige Körner von gelbem Thoneisenstein, meist mit concentrisch schaliger Absonderung, einzeln oder zu größeren Massen verbunden.

Leicht u. schwer reducirbare Eisenerze.

In metallurgischer Beziehung kann man die Eisenerze in **leicht** und **schwer reducirbare**, oder, wie sich der Eisenhüttenmann auszudrücken pflegt, in leicht und schwer schmelzbare eintheilen. Die ersteren sind solche, welche bei der dem Schmelzprocesse vorangehenden Röstung einen mehr oder weniger porösen Zustand annehmen, der es den reducirenden Gasarten im Hohofen möglich macht, die Reduktion und Schmelzung schnell herbeizuführen. Zu diesen gehören: Brauneisenstein, Gelbeisenstein, Thoneisenstein und Spatheisenstein. Bei den drei ersten bewirkt das bei höherer Temperatur eintretende Entweichen des Wassers, und bei dem letzten das der Kohlensäure den porösen Zustand. Magneteisenstein, Rotheisenstein und ganz besonders Eisenglanz sind dagegen schwer reducirbare Erze, weil sie beim Rösten (in Stücken) nur wenig verändert, nur allenfalls mürbe gebrannt werden, d. h. durch die Hitze und die Abkühlung Sprünge bekommen, welche den reducirenden Gasarten aber kein so vollkommenes Eindringen gestatten, wie dies bei dem porösen, schwammartigen Zustande der gerösteten leicht reducirbaren Erze der Fall ist.

B. Von dem Probiren der Eisenerze.

Unter Probiren der Erze im Allgemeinen begreift der Metallurg alle diejenigen chemischen Untersuchungen der Erze, welche der metallurgischen Zugutemachung derselben vorausgehen und deren Zweck es ist, Daten zu liefern, die sich zur größtmöglichen Vollkommenheit und ökonomischen Vortheilhaftigkeit dieser Zugutemachung benutzen lassen. Je nach den dabei vorliegenden specielleren Zwecken unterscheidet man hauptsächlich drei Arten dieser Proben, nämlich **analytische**, **metallurgische** und **Beschickungs-Proben**. — Die analytische Probe ist entweder qualitativ oder quantitativ. Durch erstere beabsichtigt man, sich von der Abwesenheit oder Anwesenheit gewisser schädlicher oder nützlicher Bestandtheile zu überzeugen; durch letztere will man die Zusammensetzung des Erzes mehr oder weniger vollständig und genau kennen lernen. Die Vorschriften zur Ausführung dieser Proben ertheilt die analytische Chemie. — Vermittelst der metallurgischen Probe soll entweder der unter gewöhnlichen Umständen im Großen ausbringbare, oder der wirkliche Metallgehalt des Erzes ermittelt werden. Unter Metallgehalt wird hier die procentische Menge desjenigen Metalles oder derjenigen Metalle verstanden, welche der Gegenstand der

metallurgischen Zugutemachung sind. — Die Beschickungs=Probe endlich dient dazu, sowohl dasjenige Gewichtsverhältniß zwischen Erz und Zuschlag, als diejenige Art des Zuschlages ausfindig zu machen, bei denen der Proceß der metallurgischen Zugutemachung am leichtesten und vollkommensten auszuführen ist. Da die zur Beschickungs=Probe angewendeten Materialien größtentheils von den lokalen Verhältnissen der Hüttenwerke abhängen, so läßt sich über diese Art der Probe im Allgemeinen wenig Bestimmtes angeben, und die zweckmäßige Ausführung derselben bleibt in den einzelnen Fällen ganz der Einsicht und speciellen Erfahrung des Metallurgen überlassen. — Genau genommen haben wir es hier also nur mit der metallurgischen Probe zu thun. In Bezug auf gewisse Fälle erscheint es jedoch als zweckmäßig, auch einige Fingerzeige zur Anstellung der analytischen Proben, namentlich der qualitativ=analytischen, zu geben.

In Betreff der Eisenerz=Proben ist für uns besonders die qualitativ=analytische als die metallurgische von Wichtigkeit.

Qualit.-analyt. Eisenerz-Probe.

Die qualitativ=analytische Eisenerz=Probe hat es hauptsächlich zur Aufgabe, über das Vorhandenseyn von Schwefel, Phosphor, Arsenik, Titan und Mangan Auskunft zu geben. — Einen Gehalt an Schwefel, auch wenn derselbe nur sehr gering ist und gleichviel ob von einem Schwefelmetalle, einem schwefelsauren Salze oder irgend einer anderen Schwefelverbindung herrührend, findet man am sichersten auf folgende Weise. Eine kleine Quantität des gepulverten Erzes wird dem Volumen nach mit etwa 3 Theilen wasserfreiem kohlensauren Natron gemengt und das Gemenge vor dem Löthrohre reducirend auf Kohle geschmolzen. Hierbei bildet sich eine dem Schwefelgehalte des Erzes entsprechende Menge Schwefelnatrium. Die geschmolzene und hinreichend abgekühlte Masse bringt man auf ein blankes Stück Silber (eine blank gescheuerte Silbermünze oder dergl.), befeuchtet dieselbe mit so viel Wasser, daß auch das darunter befindliche Silber davon benetzt wird, und läßt sie in diesem Zustande während etwa einer Minute liegen. War das untersuchte Erz völlig schwefelfrei, so ist nach der Entfernung der geschmolzenen Masse keine Veränderung der blanken Silberfläche zu bemerken; enthielt es dagegen eine Spur Schwefel, so zeigt sich ein gelber, bei einem etwas größeren Schwefelgehalte ein brauner, und bei einem noch beträchtlicheren ein schwarzer Fleck. Diese Färbungen rühren von einem mehr oder weniger dünnen Schwefelsilber=Häutchen her, welches sich durch Einwirkung des aufgelösten Schwefelnatriums auf das Silber gebildet hat. Da das im Handel vorkommende kohlensaure Natron fast niemals ganz frei von schwefelsaurem Natron ist, und da auch das kohlensaure Kali mit einer ähnlichen Verunreinigung behaftet zu seyn pflegt, so ist es empfehlenswerth, anstatt 3 Theile Soda etwa 4 Theile oxalsaures Kali zu dieser

Auffindung von Schwefel.

Probe anzuwenden. Beim Erhitzen verwandelt sich dasselbe unter Entweichen von Kohlenoxydgas in kohlensaures Kali, und das entwickelte Kohlenoxydgas dient zugleich zur vollkommnen Reduktion der etwa vorhandenen schwefelsauren Salze. Bei dieser Probe auf Schwefel ist es zu berücksichtigen, daß Selen eine ganz ähnliche Reaktion hervorbringt. — Zur einfachen und sichern Auffindung eines Phosphorgehaltes dient folgendes Verfahren. Etwa 50 Milligr. des fein gepulverten Erzes werden mit 5 Volthln. eines aus 4 Gewthln. Soda und 1 Gewthl. Kieselerde bereiteten Gemenges zusammengerieben, worauf man das Ganze durch oxydirendes Erhitzen vor dem Löthrohre auf Kohle zum Flusse bringt. Die geschmolzene klare Perle wird zerkleinert, zu Pulver gerieben, mit einer angemessenen Quantität Wasser übergossen und letzteres während einiger Zeit zum Kochen erhitzt. Hierbei löst sich, wenn Phosphor im Erze vorhanden war, phosphorsaures Natron nebst überschüssig zugesetztem kohlensauren Natron auf. Auch das gebildete kieselsaure Natron, sowohl von der zugesetzten als von der im Erze möglicherweise vorhandenen Kieselerde herrührend, wird hierbei großentheils aufgelöst. Die alkalisch reagirende Auflösung wird jetzt mit Essigsäure übersättigt und darauf, bis zum Entweichen aller Kohlensäure, längere Zeit gekocht. In die filtrirte und etwas abgekühlte Flüssigkeit legt man jetzt ein Stückchen salpetersaures Silberoxyd. Bei Gegenwart von Phosphorsäure bildet sich an der Stelle, wo letzteres liegt und sich allmälig auflöst, sehr bald ein mehr oder weniger intensiv citrongelber Niederschlag von phosphorsaurem Silberoxyd. Zum vollkommenen Gelingen dieser Probe ist es nothwendig, daß man bei der Uebersättigung des kohlensauren Natrons keinen zu großen Ueberschuß von Essigsäure anwendet und daß die Auflösung, in welche man das salpetersaure Silberoxyd bringt, nicht zu concentrirt ist. — Von dem Vorhandenseyn kleinerer oder größerer Mengen Arsenik kann man sich durch folgende Methode überzeugen. Eine kleine Quantität (50 — 75 Milligr.) des zu untersuchenden Erzes wird dem Volumen nach mit etwa 6 Theilen eines aus ungefähr gleichen Theilen Salpeter und Soda bestehenden Gemenges zusammengerieben. Man erhitzt darauf das Ganze in einem Platinlöffel vor dem Löthrohre oder auf irgend eine andere Weise, doch jedenfalls so, daß keine reducirende Einwirkung auf die geschmolzene Masse ausgeübt wird. Letztere behandelt man sammt dem Platinlöffel so lange mit kochendem Wasser, bis alles Lösbare gelöst und nur ein pulverförmiger Rückstand geblieben ist. Diesen trennt man durch Dekantiren von der Flüssigkeit, versetzt dieselbe mit ein paar Tropfen Schwefelsäure und dampft zur Trockne ein. Die trockne Salzmasse wird darauf mit ungefähr 3 Volthln. oxalsaurem Kali und etwas Kohlenstaub zusammengerieben, das Gemenge in ein klei-

Phosphor.

Arsenik.

nes Glaskölbchen mit engem Halse (wie es bei Löthrohrversuchen gebräuchlich ist) gebracht und hierin allmälig bis zum Glühen erhitzt. Ist Arseniksäure im Gemenge vorhanden, so bildet sich im Halse des Kölbchens ein mehr oder weniger bedeutender Spiegel von metallischem Arsenik. Eine andere, vielleicht nicht ganz so zuverlässige Probe besteht darin, daß man das nach oben gegebener Vorschrift aus Erz, Salpeter und Soda zusammengeschmolzene Gemenge mit kochendem Wasser extrahirt und die hierdurch erhaltene Auflösung auf ganz gleiche Weise behandelt, wie bei der Auffindung von Phosphor angegeben wurde. Bei Gegenwart von Arsenik erhält man alsdann einen rostfarbenen Niederschlag von arseniksaurem Silberoxyd. — Ein Titangehalt, wenn derselbe groß genug ist, um bei der metallurgischen Zugutemachung des Erzes von einigem Einflusse zu seyn, läßt sich sehr leicht durch Behandlung vor dem Löthrohre nachweisen. Durch Auflösen des titanhaltigen Erzes in Phosphorsalz am Platindraht und darauf bewirktes Reduciren der Phosphorsalzperle erhält man ein braunrothes bis tief blutrothes Glas. Das von nicht titanhaltigem Eisenoxyd unter solchen Umständen erhaltene Glas ist schwach röthlich gefärbt. Bei einem Titangehalt von nur etwa 1 Procent tritt jene Reaktion nicht mehr deutlich hervor. In einem durch eine so geringe Menge Titan verunreinigten Eisenerze läßt sich dessen Vorhandenseyn folgendermaßen nachweisen. Man löst in einer Phosphorsalzperle so viel des Erzes auf, daß die erkaltete Perle undurchsichtig erscheint, durch Breitdrücken aber etwas durchscheinend wird. Eine so gesättigte Perle behandelt man längere Zeit reducirend auf Kohle und setzt, zur Vollendung der Reduktion, zuletzt Zinn hinzu. Die dunkle Farbe der Perle verändert sich hierdurch in eine lichte gelbliche. Beim Nichtvorhandenseyn von Titan erhält man ein grünliches Glas. Jene gelbe Farbe ist zwar gewöhnlich nicht rein, allein sie besitzt wenigstens durchaus keinen Stich in's Grünliche, so daß sie mit der von reinem Eisenoxyd herrührenden Farbe durchaus nicht verwechselt werden kann. — Von der Gegenwart des Mangans überzeugt man sich sehr leicht durch Zusammenschmelzen einer kleinen Quantität des fein geriebenen Erzes mit einem Gemenge von 2 Gwthln. Soda und 1 Gwthl. Salpeter. Ist Mangan vorhanden, so erscheint die in der Schmelzung befindliche Masse grün, und nimmt nach dem Erkalten eine blaugrüne (Türkis-) Farbe an.

Titan.

und Mangan.

Ueber die sichersten Methoden zur Auffindung von Schwefel, Phosphor und Arsenik findet man ausführlichere Mittheilungen, als es an diesem Orte zu geben passend erschien, in Plattner's Probirkunst mit dem Löthrohre, 2te Auflage.

Die metallurgische Eisenerz-Probe. Da alle für den Metallurgen in Betracht kommenden Eisenerze, abgesehen von den ihnen

Metallurg. Eisenerz-Probe; a. d. trocknen Wege.

mechanisch beigemengten Mineralsubstanzen, nur aus oxydirtem Eisen bestehen, welches in einigen derselben mit Wasser, in anderen mit Kohlensäure verbunden ist, in noch anderen aber gänzlich unverbunden auftritt, so wird zur Reduktion dieser Erze weiter nichts erfordert, als daß dieselben zwischen Kohlen einer hinreichend hohen Temperatur ausgesetzt werden. Kohlensäure und Wasser entweichen hierbei sehr leicht, und die Reduktion des oxydirten Eisens tritt in dem sich bildenden Kohlenoxydgas schon vor der Glühhitze ein. Zur Kohlung (Verbindung mit Kohlenstoff) des gebildeten metallischen, und zur Schmelzung des sich allmälig daraus bildenden kohlenstoffhaltigen Eisens (Roheisens) wird dagegen Weißglühhitze, nämlich eine Temperatur von wenigstens 1500° C., erfordert. Wegen der fremdartigen Mineralsubstanzen, welche allen zur metallurgischen Zugutemachung kommenden Eisenerzen in größerer oder geringerer Quantität beigemengt sind, würde jedoch ein solches einfaches reducirendes Schmelzen kein befriedigendes Resultat liefern. Jene fremdartigen Beimengungen würden in vielen Fällen theils der vollständigen Reduktion des Erzes, theils der Ansammlung des reducirten Eisens zu einem Regulus hinderlich seyn. Es ist daher nothwendig, durch Zusatz eines zweckmäßigen Zuschlages, für die Verschlackung derselben zu sorgen. Die hierdurch gebildete Schlacke muß einen gewissen Grad von Schmelzbarkeit besitzen. Sie darf nicht eher schmelzen, als bis die Reduktion des Eisenerzes vollendet ist, weil sonst einzelne noch nicht reducirte Eisenoxyd- oder Eisenoxydul-Partikel davon aufgelöst und auf diese Weise der Reduktion entzogen werden könnten. Aber auch ein hoher Grad von Strengflüssigkeit kann leicht Nachtheile bringen, weil er das Zusammenfließen der flüssigen Eisenkügelchen zu einem Regulus erschwert.

Bei der folgenden, von Karsten empfohlenen Beschickung — einer metallurgischen Eisenerz-Probe sind die eben gedachten Bedingungen vollkommen erfüllt. 1 Probircentner (1/4 Loth) des bei 100° C. getrockneten und sehr fein gepulverten Eisenerzes wird, je nach der Beschaffenheit desselben, mit folgenden ebenfalls fein gepulverten Zuschlägen gemengt. Bei sehr reichen Erzen, welche wenig Gebirgsart enthalten, ist ein Zuschlag von 10 Proc. Flußspath und 10 Proc. calcinirtem Borax ausreichend; bei ärmeren Erzen nimmt man 25 Proc. Flußspath und 25 Proc. reinen Kalk; bei sehr armen setzt man außerdem noch 10 Proc. calcinirten Borax hinzu. Arme Eisenerze, welche viel Kalk oder andere basische Erden und dabei wenig oder gar keine Kieselerde enthalten, sind mit 20 — 25 Proc. gebranntem und fein gepulvertem Quarz, gemengt mit 25 Proc. Flußspath, zu beschicken. Die sorgsam bereiteten Gemenge werden in einen mit Kohlenmasse ausgefütterten, feuerfesten Thontiegel (Kohlentiegel) gebracht und mit Kohlenpulver überschüttet. Man versieht darauf den Tiegel mit einem

Deckel, welcher bis auf eine kleine Randfuge mit Thon verklebt wird, und setzt ihn alsdann einer allmälig bis zur Weißgluth gesteigerten Temperatur aus. Die Erhitzung kann in einem Windofen, wie derselbe in Fig. 33, S. 113 abgebildet wurde, oder in einem Seffström'schen Ofen, Fig. 34, S. 114, oder auch in einer Schmiedeesse vorgenommen werden. Nach etwa einer Stunde pflegt die Probe geschmolzen zu seyn. — Die zweckmäßigste Anfertigung der gedachten Kohlentiegel, wie auch einige andere Details dieser Probe findet man in Bodemann's Probirkunst S. 57 und S. 249 angeführt. — Kennzeichen einer gelungenen Probe sind 1) eine gut geflossene, glasartige Schlacke von lichter, nicht grünlicher Farbe und ohne mechanisch eingemengte Eisenkörner, 2) ein gut geflossener Roheisen-Regulus. — Ein wichtiger Aufsatz über die metallurgische Eisenerzprobe befindet sich in Tunner's Jahrbuch für den Innerösterreichischen Berg- und Hüttenmann, Jahrg. 1842, S. 96 (die schwedische Eisenprobe nach Seffström; von P. Tunner).

Auf d. nassen Wege.

Eisenerz-Proben auf dem nassen Wege sind neuerlich von Fuchs (Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. Bd. 17, S. 160 und Bd. 18, S. 495) und von Margueritte (Bergwerksfreund Bd. 10, S. 552) angegeben worden. Die Fuchs'sche Methode besteht der Hauptsache nach darin, daß man das Eisenerz in Königswasser auflöst, durch überschüssig zugesetzte Salzsäure und längeres Erhitzen alle Salpetersäure fortschafft, und die so erhaltene Auflösung, in welcher jetzt nur Eisenchlorid (kein Eisenchlorür) vorhanden ist, mit einem gewogenen Stücke blanken metallischen Kupfers (Kupferblech) kocht. Da concentrirte freie Salzsäure kein metallisches Kupfer auflöst, so kann aus der Gewichtsabnahme des letzteren der Eisengehalt der Solution berechnet werden. Diese Gewichtsabnahme rührt davon her, daß das Eisenchlorid, indem es sich zu Eisenchlorür reducirt, einen entsprechenden Theil Kupfer in Kupferchlorür umwandelt. Bei titanhaltigen Eisenerzen ist zu beachten, daß die Eisenchlorid-Flüssigkeit, welche in diesem Falle zugleich Titansäure enthält, mit dem Kupfer nicht erhitzt werden darf, sondern bei gewöhnlicher Temperatur mit demselben in Berührung gebracht werden muß. Bei höherer Temperatur reducirt das Kupfer die Titansäure zu Titanoxyd und in Folge hiervon löst sich eine entsprechende Menge Kupfer auf, wodurch also die Gewichtsabnahme des Kupfers nicht mehr der Menge des vorhandenen Eisens entspricht. — Nach der Methode von Margueritte wird das Eisenerz in Salzsäure gelöst, zur Solution eine Auflösung von schweflichtsaurem Natron gesetzt und darauf unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln zum Kochen erhitzt. Man erhält hierdurch eine Flüssigkeit, in welcher sich nur Eisenoxydul (kein Eisenoxyd) befindet. Man bereitet sich nun eine Probeflüssigkeit mit einem bestimmten

Gehalte an hypermangansaurem Kali und setzt von derselben so lange in kleinen Quantitäten zur Eisensolution, bis diese eine bleibende schwach rosenrothe Färbung annimmt. Das Eisenoxydul oxydirt sich durch das hypermangansaure Kali zu Eisenoxyd und entfärbt jenes dadurch; das Eintreten der rosenrothen Färbung ist ein Zeichen von einem kleinen Ueberschuß an hypermangansaurem Kali, ein Zeichen also von der Oxydation sämmtlichen Eisenoxyduls. Aus der Menge der verbrauchten Probeflüssigkeit berechnet man die Quantität des Eisens.

Ende des ersten Bandes.

Anhang des ersten Bandes.

Verzeichniß

der benutzten Zeitschriften.

---

1) Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde, von C. J. B. Karsten. (Von Bd. 11 herausgegeben im Verein mit H. von Dechen.)
2) Bergwerksfreund, von C. J. Heine.
3) Berg- und hüttenmännische Zeitung, von C. Hartmann.
4) Journal für technische und ökonomische Chemie, von O. L. Erdmann. (Schließt mit dem Jahre 1833.)
5) Journal für praktische Chemie, von O. L. Erdmann. (Bd. 1 bis Bd. 9 herausgegeben im Verein mit Schweigger-Seidel, Bd. 16 und die folgenden Bände im Verein mit R. F. Marchand.)
6) Studien des Göttingenschen Vereins bergmännischer Freunde, von J. F. L. Hausmann.
7) Jahrbuch für den Innerösterreichischen Berg- und Hüttenmann, von P. Tunner.
8) Polytechnisches Journal von J. G. und F. M. Dingler.
9) Polytechnisches Centralblatt, von J. A. Hülße. (Bis Ende 1846 herausgegeben im Verein mit A. Weinlig, später im Verein mit J. A. Stöckhardt.)
10) Annalen der Physik und Chemie, von J. C. Poggendorff.
11) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen.
12) Annales des mines.
13) Annales de chimie et de physique.

Uebersicht
der
wichtigsten metallurgischen Literatur
von 1830 bis 1848*).

Erste Abtheilung.

I. Zur Lehre von den metallurgischen Processen im Allgemeinen.

Abhandlungen.

Longmaid's Patentmethode, Erze und andere Mineralien zu entschwefeln. Brgksfrnd. Bd. 7, S. 94 (1844).
Abscheidung des Schwefels aus den Erzen. Brgksfrnd. Bd. 7, S. 109 (1844).
Zugutemachung der Schwefelmetalle Bd. 7, S. 109 (1844).
W. J. Jordan, Versuche über die Entschwefelung des Bleiglanzes, so wie über Zersetzung einiger schwefelsauren Metallsalze in Bezug auf den Schmelzproceß und das Ausbringen im Großen. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 11, S. 329 (1831).
Bredberg, über das Verhalten einiger Mineralien beim Zusammenschmelzen. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 12, S. 273 (1831).
Derselbe, über das Verhalten der Schwefelmetalle beim Schmelzen für sich und mit anderen Körpern. Erdm. Journ. für techn. u. ökonom. Chem. Bd. 12, S. 287 (1831).
Lampadius, über die Bildung und chemische Mischung der Hüttenprodukte. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 14, S. 259; Bd. 15, S. 22 und 198; Bd. 16, S. 146 (1832 u. 33).
A. Roscher, einige Bemerkungen über den Einfluß des Flammenfeuers und Kohlenfeuers auf die Produkte bei Tiegelschmelzungen. Erdm. Journ. f. techn. und ökonom. Chem. Bd. 16, S. 409 (1833).
Fournet, Untersuchungen über die Sulphurete oder Schwefelmetalle und Uebersicht einiger Resultate ihrer hüttenmännischen Behandlung. Erdm. Journ. für prakt. Chem. Bd. 2, S. 129. Uebersetzt aus Ann. d. mines. 3 sér., t. 2, p. 3 (1832).
Berthier, über das Verhalten verschiedener erdiger Substanzen und Salze zu einander bei erhöhter Temperatur. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 4, S.

*) Diese Uebersicht schließt sich, was Journal-Literatur betrifft, an den metallurgischen Theil von Pusch's »Uebersicht der auf Bergbau-, Hütten- und Salzwerkskunde bezüglichen Abhandlungen und Aufsätze, von 1740 bis 1830« in Karsten und v. Dechen's Archiv für Min., Geogn., Bergbau und Hüttenk. Bd. 15. S. 228.

457 und Bd. 5, S. 273 (1835). Uebersetzt aus Berthier, Traité des essais de la voie sèche etc.

Derselbe, Wirkung des Bleies auf die Arsenik-Schwefelverbindungen des Eisens, Kobalts, Arseniks und Kupfers. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 10, S. 13. Uebersetzt aus Ann. d. chim. et d. phys. t. 62, Juin 1836.

V. Regnault, Untersuchungen über die Wirkungen des Wasserdampfes bei hoher Temperatur auf die Metalle und Schwefelmetalle; Versuch einer neuen Klassifikation der Metalle nach ihrer Oxydabilität. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 10, S. 129 (1837).

Gay-Lussac, über die Zersetzung der schwefelsauren Metallsalze durch Kohle. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 11, S. 65. Uebersetzt aus Ann. d. chim. et d. phys., Decbr. 1836.

Lampadius, über Filtration leichtflüssiger Metalle. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 13, S. 238 (1838).

F. Le Play und A. Laurent, Theorie der Cementation. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 13, S. 284. Uebersetzt aus Ann. d. chim. et d. phys. t. 75, p. 404 (1837).

Berthier, recherches sur la reduction des minérais de fer. Ann. d. mines, 3 sér., t. 13, p. 715 (1838).

Le Play, mémoire sur le mode d'action du carbone dans la cementation des corps oxydés et sur les réactions qui caracterisent les fourneaux à courant d'air forcé employés en métallurgie. Ann. d. mines, 3 sér., t. 19, p. 267 (1841). Uebersetzt im Brgkfrnd. Bd. 5, S. 65 und in Berg- und hütt. Ztg. Bd. 1, S. 885.

Bücher und Brochüren.

Berthier, traité des essais par la voie sèche, ou des propriétés de la composition et de l'essai des substances métalliques et des combustibles. 2 vols. 1834. Ein zweiter Abdruck dieses Buches ist 1847 erschienen*).

K. A. Winkler, Erfahrungssätze über die Bildung der Schlacken. Ein Leitfaden für Beurtheilung der Schmelzprocesse und bei Anordnung der Beschickung. 1827.

C. F. Plattner, über die Bestimmung der Schmelzpunkte mehrerer Hüttenprodukte und der Hitzgrade, bei denen sich verschiedene Silikate bilden. Eine Beilage zu Th. Merbach's Anwendung der erwärmten Gebläseluft im Gebiete der Metallurgie. 1840.

II. Zur Beschreibung der Apparate, in welchen die metallurgischen Processe ausgeführt werden.

Atlas du mineur et de métallurgiste. Recueil de dessins lithographiés relatifs à l'exploitation des mines et aux opérations métallurgiques, exécutés par M. M. les éléves de l'école royale des mines, sous la direction du conseil de l'école. 1837 und ferner.

III. Zur Lehre von den Brennmaterialien.

1) Brennmaterialien im Allgemeinen.

Abhandlungen.

Berthier, Untersuchungen einiger Brennmaterialien. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 6, S. 202. Uebersetzt aus Ann. d. chim. et d. phys. t. 59 (1835).

---

*) Es existiren zwei deutsche Uebersetzungen dieses Werkes, die eine von K. Kersten, die andere von C. Hartmann.

Dibay, Versuche mit Brennmaterialien. Brgksfrnd. Bd. 2, S. 394 (1840).
Forchhammer, Bestimmung der Heizkraft der Brennmaterialien. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 30 (1846).

Bücher und Brochüren.

Berthier, traité des essais par la voie sèche, ou des propriétés de la composition et de l'essai des substances métalliques et des combustibles. 1834.
Brendel, Reich, Winkler und Merbach, Versuche über die Heizkraft der Brennmaterialien mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung der warmen Luft und der Wasserdämpfe. Eine Beilage zu v. Herder's Erläuterungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft. 1840.
Dieselben, Versuche über die Temperatur, bei welcher sich verschiedene Brennmaterialien entzünden. Eine Beilage zu demselben Werke.
C. Fritzsche, die Brennstoffe und ihre Anwendung oder: Eigenschaften, Zusammensetzung, Gewinnung und Bereitung der verschiedenen Brennstoffe nebst Bemerkungen über ihre vortheilhafte Anwendung für metallurgische, technische und landwirthschaftliche Zwecke. 1843.

2) Holz.

Abhandlungen.

Kirn, über die zweckmäßige Behandlung des Holzes als Brennmaterial. Karst. Arch. Bd. 3, S. 189 (1831).
G. Schübler und W. Neuffer, über den Wassergehalt verschiedener Pflanzen und namentlich der in Deutschland häufiger angewandten Holzarten, mit Beobachtungen über die verschiedene Breite ihrer Jahrringe. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 7, S. 35 (1830).
Kirn, über die verschiedenen Methoden, das Brennholz zur Glasofenfeuerung zu dörren, nebst einigen Worten über die Anwendung des gedorrten Holzes in Eisenhohöfen und Frischheerden. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 16, S. 275 (1833).
C. Sprengel, über die feuerfesten Bestandtheile des Splintes, des mittleren Holzkörpers und des Kernholzes. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 1, S. 158 (1834).
K. Karmarsch, specifisches Gewicht mehrerer Holzgattungen. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 2, S. 207 (1834).
Petersen und Schödler, über den absoluten Werth der gebräuchlichsten Holzarten als Brennmaterial. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 8, S. 321 (1836).
K. A. Winkler, über den relativen Werth verschiedener Brennhölzer und Holzkohlen. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 17, S. 65 (1839).
A. Delesse, über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 441 und 713. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 379 (1842).
E. Chevandier, über die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Hölzer und die jährliche Produktion ihrer Bestandtheile für eine bestimmte Oberfläche. Karst. Arch. Bd. 18, S. 532. Uebersetzt aus Ann. d. chim et phys., 3 sér., t. 10 (1844).
Derselbe, über den Wassergehalt und die Heizkraft des Brennholzes. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1847, S. 292.
Jac. Scheließnigg, Einführung der Wind-Holzdörröfen bei dem Egger'schen Drahtwalzwerke zu Feistritz in Kärnthen. Tunn. Jahrb. Bd. 3, S. 407 (1843 — 46).

Bücher und Brochüren.

F. Klein, Beiträge zur physikalisch-technologischen Kenntniß des Holzes, rücksichtlich des Schwindens und Gewichtsverlustes durch Lufttrocknung und Verkohlung,

so wie rücksichtlich der specifischen Schwere als Holz und Kohle, abgeleitet aus einem mit 44 einheimischen Holzarten ausgeführten Versuche. 1838.

3) Torf.

Abhandlungen.

C. J. B. Karsten, über Steinkohlen, Braunkohlen und Torf. Karst. Archiv. Bd. 11, S. 379 (1838).

Sauvage, über den Torf im Thale der Var in den Ardennen. Brgksfrnd. Bd. 1, S. 313. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 13, p. 52 (1838).

Torfpresse und Trockentorfhorde mit Flügelbewegung. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 167 (1841).

Ch. W. Williams, über die Bereitung, die Eigenschaften und den Gebrauch des Torfes und der Torfcoaks. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 193 (1842).

J. Lößl, neue Torfpresse. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 465 (1842).

Fr. Xav. Schmidt, kurze Beschreibung über die Behandlung des Torfes vor seiner Verwendung zu irgend einem Betriebszweige. Brgksfrnd. Bd. 6, S. 145 (1843).

C. Schafhäutl, Beschreibung einer eigenthümlichen Methode, den Torf und ähnliche Brennmateriale zu verdichten. Brgksfrnd. Bd. 9, S. 193 (1845).

Die künstliche Aufbereitung des Torfes, unabhängig von der Witterung und mit Ersparung von Zeit und Arbeit. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 113 (1846).

A. Delesse, über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 441 und 731. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 379 (1842).

Plieninger, über eine neue Methode, den Torf zu pressen. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 5, S. 586 (1846).

Wellner, Untersuchung einiger Torfsorten und Bemerkungen über das in solchen wahrgenommene Kali. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 14, S. 408 (1832).

Lampadius, Beiträge zur näheren Kenntniß der Torfbildung und der in den Torflagern vorkommenden Holzmassen. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 4, S. 8 (1835).

H. Reinsch, chemische Untersuchung des Torfes. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 24, S. 274 (1841).

Stickstoffgehalt des Torfes. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 24, S. 380 (1841).

Ueber Torfpressen. Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gew. Jahrgang 14 (1835).

Wedding, über die Torfpresse des Lord Willougby d'Eresby. Verhandl. des Ver. z. Bef. d. Gew. Jahrgang 17, Lief. 5 (1838).

Bücher und Brochüren.

C. A. Pohlenz, Beschreibung der patentirten Torfpresse. Nebst Abbildungen derselben. 1836.

H. Döhla, kurze praktische Anleitung über Torf, dessen Entstehen, Gewinnen und Verbrauchen. 1837.

F. G. Wieck, Torfbüchlein, oder Eigenschaften, Gewinnung und Benutzung des Torfes. Mit Abbildungen von Torfpressen, Torfverkohlungsöfen, Trockenvorrichtungen u. s. w. 1839.

Willougby d'Eresby, Beschreibung des Verfahrens bei dem Pressen des Torfes und der dabei verwendeten verschiedenen Maschinen. Deutsch bearbeitet von J. A. Schubert. Mit 8 Abbildungen. 1839.

K. A. Winkler, Bericht über die Zusammensetzung, Werthverhältnisse und Verkohlungsfähigkeit der vornehmsten Torfsorten des Sächsischen Erzgebirges. Mit einer tabellarischen Zusammenstellung der durch die Untersuchungen erhaltenen Resultate und einer Abhandlung über die Anwendung des rohen Torfes und seiner Abfälle überhaupt. 1840.

Ueber Gewinnung und Benutzung des Torfes in Bayern. Herausgegeben vom Central-Verwaltungsausschuß des polytechnischen Vereins von Bayern. 1839.
B. C. Moser, Torfbetrieb und Torfbenutzung aus eigenen Erfahrungen dargestellt. Mit 6 Kupfertafeln. 1840.
J. B. Mayer, der Torf in seiner Wichtigkeit für Deutschland. Dessen Vorkommen, Abbau, Fortpflanzung und Aufbereitung. 1841.
K. Papius, die Lehre vom Torf. 1845.

4) Braunkohle, Steinkohle und Anthracit.

Abhandlungen.

C. J. B. Karsten, über Steinkohlen, Braunkohlen und Torf. Karst. Arch. Bd. 11, S. 379 (1838).
Ueber das Heizvermögen verschiedener Kohlensorten und deren relative Werthe nach Versuchen, die auf Veranlassung des Schifffahrts-Departements der vereinigten Staaten angestellt wurden. Brgksfrnd. Bd. 10, S. 424 (1846).
Gräger, chemische Untersuchung einiger Braunkohlen. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 145 (18 6).
Nendtvich, Ungarns Steinkohlen in chemisch-technischer Beziehung. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 685 (1847). Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 41, S. 8.
Th. Richardson, Untersuchungen über die Zusammensetzung der Steinkohle. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 11, S. 165 (1837).
V. Regnault, Untersuchungen über die mineralischen Brennmaterialien. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 13, S. 73 und S. 143. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 12, p. 161 (1837).
H. Schönberg, technisch-chemische Untersuchung der Schwarzkohlen aus der Zwickauer Gegend. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 17, S. 416 (1839).
H. Reinsch, chemische Untersuchung einiger Braunkohlenarten und technische Versuche mit denselben. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 19, S. 478 (1840).
Lampadius, chemische Untersuchung der Steinkohlen von Gittersee am Plauenschen Grunde, nebst einer Charakteristik der anthracitartigen Schieferkohle, bisher harter Schiefer genannt. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 20, S. 14 (1840).
Jacquelain, über die Elementarzusammensetzung einiger Anthracite. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 22, S. 27 (1841).
A. Fyfe, über den Anthracit und seinen Werth als Brennmaterial. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 26, S. 255 (1842).
G. Forchhammer, Bestimmung der Heizkraft einiger Brennmaterialien. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 465 (1846).
Woskressensky, Untersuchungen über die in Rußland vorkommenden Brennmaterialien des Mineralreichs. Polyt. Centralbl., n. F., Bd. 7, S. 364 (1846).
A. Ure, über die Messung der Wärme mit Hinsicht auf die Qualität der Steinkohlen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 75, S. 48 (1840).
L. Henoch, über Braunkohlen und deren Verwendung. Dingl. polyt. Journ. Bd. 92, S. 355 (1844).
Kaiser, Untersuchung verschiedener Steinkohlen. Bayersch. Kunst- u. Gew.-Bl., März 1836.

Bücher und Brochüren.

H. Bruhn, Steinkohlenbüchlein, oder Eigenschaften, Gewinnung, Benutzung u. s. w. der Steinkohle. Mit 2 Taf. Abbildungen 1840.

5) Gedarrtes Holz und Rothkohle (charbon roux).

Abhandlungen.

Kirn, über die zweckmäßige Behandlung des Holzes als Brennmaterial. Karst. Arch. Bd. 3, S. 189 (1831).

Thirria, Versuche mit getrockneten Hölzern. Brgksfrnd. Bd. 2, S. 145 (1838).

Kirn, Apparat zum Trocknen des Holzes und Torfes. Brgksfrnd. Bd. 3, S. 117 (1840).

Balaschef, über das Darren des Holzes. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 81 (1841).

A. Delesse, über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 441 und 713. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 379 (1842).

Kirn, über die verschiedenen Methoden, das Brennholz zur Glasofenfeuerung zu dörren, nebst einigen Worten über die Anwendung des gedörrten Holzes in Eisenhohöfen und Frischheerden. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 16, S. 275 (1833).

Sauvage, Versuche über Holzverkohlung in verschlossenen Räumen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 68, S. 209 (1838).

Koch, Beschreibung eines Apparates zur Darstellung von Rothkohle, wie solcher auf dem Französischen Eisenhüttenwerke zu Fade angewendet wird. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 388 (1841).

Jac. Scheließnigg, Einführung der Wind-Holzdörröfen bei dem Egger'schen Drahtwalzwerke zu Feistritz in Kärnthen. Tunn. Jahrb. Bd. 3, S. 407 (1843 — 46).

Th. Virlet, note sur un nouveau procédé de carbonisation à l'aide de la flamme perdue du gueulard. Ann. d. mines, 3 sér., t. 9, p. 173 (1836).

Berthier, examen de divers bois dessechés pour le service des hauts-fourneaux. Ann. d. mines, 3 sér., t. 9, p. 449 (1836).

Th. Virlet, mémoire sur un nouveau procédé de carbonisation dans les usines à l'aide de la chaleur perdue des hauts-fourneaux. Ann. d. mines, 3 sér., t. 10, p. 203 (1836).

Sauvage, mémoire sur la substitution dans les hauts-fourneaux du bois en partie carbonisé au charbon préparé en meule dans les forêts. Ann. d. mines, 3 sér., t. 11, p. 527 (1837).

Lefebvre, notice sur le combustible employé dans les usines à fer des départements des Hautes et des Basses-Pyrénées. Ann. d. mines, 3 sér., t. 11, p. 575 (1837).

Bineau, mémoire sur les divers procédés mis en usage pour remplacer dans les hauts-fourneaux et les fourneaux d'affinerie le charbon de bois par le bois vert, desseché ou torrefié. Ann. d. mines, 3 sér., t. 13, p. 217 (1838).

E. Gueymard, note sur la fabrication du charbon roux en meules. Ann. d. mines, 3 sér., t. 13, p. 487 (1838).

Gruner, notice sur la fabrication du charbon roux. Ann. d. mines, 3 sér., t. 13, p. 595 (1838).

Sauvage, note sur la fabrication du charbon roux en forêt. Ann. d. mines, 3 sér., t. 16, p. 657 (1839).

Derselbe, mémoire sur la fabrication en forêt du bois torrefié. Ann. d. mines, 3 sér., t. 18, p. 677 (1840). Uebersetzt in Karst. Arch. Bd. 16, S. 225 und Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 1, S. 953.

Bücher und Brochüren.

F. Droinet, allgemeine Betrachtungen über ein neues Verkohlungsverfahren, auf welches die Herren Felix Didier und Felix-Droinet aus Rheims unterm 28. October 1835 ein ausschließliches Privilegium für das Kaiserthum Oesterreich erhielten, lautend auf die Verkohlung jedes Brennmaterials mittelst der verlornen Flamme von Hohöfen, Frischfeuern u. s. w. (Französisch und Deutsch) 1839.

A. u. E. Demarteau, das neue Verkohlungsverfahren mittelst der Gichtflamme, sowohl in theoretischer als in praktischer Hinsicht betrachtet. Nach den Berichten der Französischen Ingenieurs mit Bezug auf die zu Neuberg in Steyermark ausgeführten Versuche bearbeitet. 1840.

6) Gewöhnliche Holzkohle (Schwarzkohle).

Abhandlungen.

A. Beschoren, Versuche über das Ausbringen an Holzkohle aus verschiedenen Holzsorten. Brgkfrnd. Bd. 3, S. 1 (1840).
Derselbe, wieviel schwindet das Holz bei der Verkohlung in der Länge? Brgkfrnd. Bd. 3, S. 433 (1841).
Werlisch, über die Gewichtszunahme der Holzkohle beim Lagern und die größere Wirksamkeit der gelagerten Kohlen. Brgkfrnd. Bd. 3, S. 513 (1841).
Verkohlung des Holzes in (Blauskoer) Oefen. Brgkfrnd. Bd. 4, S. 497 (1842).
Kavanko, Holzverkohlung in China. Brgkfrnd. Bd. 4, S. 552 (1842).
Schubert, Verkohlung mit überhitztem Dampf. Brgkfrnd. Bd. 7, S. 410 (1844).
v. Mayrhofer, über die Verkohlung mit Anwendung der Gebläseluft. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 20 (1843).
Heyß, die Dampfköhlerei. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 43 (1844).
Ein neues Verfahren, Holz und Torf zu verkohlen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 467 (1846).
Lampadius, fortgesetzte Nachrichten über die Sächsische Köhlerei. Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. Bd. 7, S. 47, Bd. 8, S. 137, Bd. 9, S. 430 (1830).
K. A. Winkler, über den relativen Werth verschiedener Hölzer und Holzkohlen. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 17, S. 65 (1833).
A. Fyfe, über die verdampfende Kraft verschiedener Arten von Kohle. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 26, S. 192 (1842).
Frz. Meyer, Nachweisung des Verfahrens und der Resultate der Köhlerei bei dem Eisenwerke zu Elend in den Jahren 1827 — 1830. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 3, S. 65 (1833).
C. Pfort, Beschreibung einer am Reinhardswalde seit einigen Jahren eingeführten neuen Köhlereimethode. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 59 (1837).
Laurent und Thomas, über die Anwendung der Hohofengase zu metallurgischen Operationen und des stark erhitzten Wasserdampfes zum Verkohlen von Holz, Torf u. s. w. Dingl. polyt. Journ. Bd. 88, S. 347 (1843).
Storch, die specifische Schwere der Holzkohlen als Maaßstab ihrer Qualität. Polyt. Centralblt., Jahrgang 1847, S. 295.
Foy, Gruner et Harlé, mémoire sur la carbonisation du bois par la méthode italienne. Ann. d. mines, 3 sér., t. 7, p. 3 (1835).
Sauvage, notice sur la carbonisation du bois dans le departement des Ardennes et de la Meuse, et détails économiques sur le prix de la façon et des transports. Ann. d. mines, 3 sér., t. 11, p. 351 (1837).
Ebelmen, récherches sur la carbonisation du bois. Ann. d. mines, 4 sér., t. 3, p. 265 (1843). Uebersetzt im Brgkfrnd. Bd. 7, S. 209 und Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 505.
Ebelmen, notice sur une experience relative à la carbonisation du bois en meules. Ann. d. mines, 4 sér., t. 6, p. 511 (1844). Uebersetzt im Brgkfrnd. Bd. 10, S. 161.

Bücher und Brochüren.

v. Berg, Anleitung zum Verkohlen des Holzes. Ein Handbuch für Forstmänner, Hüttenbeamte u. s. w. Mit 2 Steintafeln. 1830.
F. Freytag, von der vortheilhaften Verkohlung des Holzes, mit besonderer Rücksicht auf das in der Grafschaft Stolberg-Wernigerode übliche Verfahren. Nebst einer Abhandlung über den Nutzen der Wasserdämpfe beim Hohofenproceß. Mit 10 Abbildungen. 1831.
Mayer, über Berechnung der Kohlenmeiler. 1833.

F. Klein, über Verkohlung des Holzes in stehenden Meilern. Mit 12 lithographirten Tafeln. 1836.

W. Dietrich, das Ganze der Verkohlung in stehenden Meilern oder die sogenannte Italienische Köhlerei. Mit 7 Steindrucktafeln. 1847.

7) Torfkohle und verkohlte Braunkohle.

Abhandlungen.

A. Roscher, Beschreibung eines für die ununterbrochene Verkohlungsarbeit construirten, zunächst für die Verkohlung der Braunkohlen und des Torfes bestimmten und für erstere auch in Ausführung gebrachten Ofens. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 2, S. 10 (1834).

L. M. Pilz, über einige zur Verkohlung des Torfes bei Marienberg im Großen angestellte Versuche. Brgksfrnd. Bd. 3, S. 24 (1840).

Ch. W. Williams, über die Bereitung, die Eigenschaften und den Gebrauch der Torfcoaks. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 193 (1842).

Schubert, Verkohlung mit überhitztem Dampf. Brgksfrnd. Bd. 7, S. 410 (1844).

J. B. Mayer, Verkohlen der Braunkohlen und Verwendung dieser Kohks zur Eisenfrischarbeit. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 377 (1847).

Heyß, die Dampfköhlerei. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 3, S. 43 (1844).

Ein neues Verfahren, Holz und Torf zu verkohlen. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 5, S. 467 (1846).

D. Albert, Verfahren zum Verkohlen des Torfes im Großen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 86, S. 289 (1842)

Laurent und Thomas, über die Anwendung der Hohofengase zu metallurgischen Operationen, und des stark erhitzten Wasserdampfes zum Verkohlen von Holz, Torf u. s. w. Dingl. polyt. Journ. Bd. 88, S. 347 (1843).

Zenetti, Verkohlung des Torfes in Oefen. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1838, S. 449.

8) Kohk.

Abhandlungen.

Drouot, Verkohkungsöfen mit zwei Thüren zu Maubeuge. Brgksfrnd. Bd. 5, S. 305 (1842).

Schubert, Verkohkung mit überhitztem Dampf. Brgksfrnd. Bd. 7, S. 410 (1844).

J. Lambert's verbesserte Kohksöfen. Polyt. Centralbl., n. F., Bd. 7, S. 376 (1846).

Heyß, die Dampfköhlerei. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 3, S. 43 (1844).

A. Perdonnet, Verfahren aus mageren Steinkohlen Kohks zu bereiten. Dingl. polyt. Journ. Bd. 46, S. 342 (1832).

Gervoy, mémoire sur la carbonisation de la houille à St. Etienne et à Rive de Gier. Ann. d. mines, 3 sér., t. 10, p. 3 (1836).

Nailly, mémoire sur un moyen de faire du coke avec de la houille maigre. Ann. d. mines, 3 sér., t. 10, p. 57 (1836).

9) Gasförmige Brennmaterialien*).

Abhandlungen.

C. J. Heine, Untersuchung der Hohofengase aus den Kupferschieferschmelzöfen im Mansfeldischen. Brgksfrnd. Bd. 5, S. 209, Bd. 6, S. 513 und Bd. 7, S. 545 (1842 — 44).

*) Man sehe ferner: Auswahl des zweckmäßigsten Brennmaterials, so wie auch Anwendung der Gichtflamme, der Gichtgase u. s. w., beides unter der Abtheilung IV: »Zur Lehre von den Wärme-Beförderungsmitteln.«

Zinkgraff, die Anwendung brennbarer Gase bei metallurgischen Arbeiten. Brgksfrnd. Bd. 7, S. 465 (1844).
Ueber die Erzeugung und Anwendung brennbarer Gase in der Technik. Brgksfrnd. Bd. 9, S. 465 (1845).
A. Delesse, Notiz über den Stand der Eisenfabrikation mit Hohofengasen. Brgksfrnd. Bd. 10, S. 121 (1846).
Constable, Gasentwicklungsofen für Anthracit. Brgksfrnd. Bd. 10, S. 454 (1846).
Doppelter Verschluß für Gasentwicklungsöfen. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 633 (1847).
Ueber die zu St. Stephan in Steyermark vorgenommenen Eisenfrischversuche mit dem aus rohem Braunkohlenklein entwickelten Gase. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 3, S. 73 (1844).
v. Fridau, erster Schweißofen mit Gasen aus Braunkohlenlösche betrieben. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 3, S. 89 (1844).
Kersten, Resultate der chemischen Analyse der Gichtengase Freiberger Schmelzöfen. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 3, S. 137 (1844). Aus dem Kal. f. d. Sächs. Berg- und Hüttenm., Jahrgang 1844, S. 53.
Bischof, die indirekte aber höchste Nutzung der Brennmaterialien, oder Umwandlung derselben in Gas und Nutzung dieses Gases zu Feuerungen jeder Art, namentlich zu metallurgischen Zwecken. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 337 (1844).
Schubin, über die Zusammensetzung der Gase, welche sich aus den Schachtöfen der Jugowskyschen Hütte beim Schmelzen von Kupfererzen absondern. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 569 (1846).
F. Marian, Beiträge zum Gashüttenbetriebe bei der Eisenerzeugung. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 817 (1846).
G. Michiels, über die Erzeugung und Anwendung der brennbaren Gase als Feuerungsmaterial. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 6, S. 225 (1847).
R. Bunsen, über die gasförmigen Produkte des Hohofens und ihre Benutzung als Brennmaterial. Pogg. Annal. Bd. 46, S. 193 (1839).
Derselbe, über die Gichtgase des Kupferschieferofens zu Friedrichshütte bei Rotenburg. Pogg. Annal. Bd. 50, S. 81 u. 637 (1840).
Th. Scheerer und Chr. Langberg, Untersuchung der Gichtgase eines Norwegischen Eisenhohofens. Pogg. Annal. Bd. 60, S. 489 (1844). Auch in Brgksfrnd. Bd. 7, S. 289, Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 161 und Ann. d. mines, 4 sér., t. 6, p. 3.
Ebelmen, recherches sur la composition et l'emploi des gaz des hauts-fourneaux. Ann. d. mines, 3 sér., t. 20, p. 359 (1841). Uebersetzt in Brgksfrnd. Bd. 5, S. 257; Karst. Archiv. Bd. 18, S. 392.
Derselbe, recherches sur la composition des gaz qui se dégagent des foyers d'affinerie. Ann. de mines, 4 sér., t. 3, p. 167 (1843). Uebersetzt in Brgksfrnd. Bd. 7, S. 1, Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 9 und Polyt. Centralbl., n. F., Bd. 2, S. 351.
Derselbe, recherches sur la production et l'emploi des gaz combustibles dans les arts métallurgiques. Ann. d. mines. 4 ser., t. 3, p. 207 (1843). Uebersetzt in Brgksfrnd. Bd. 7, S. 33 und Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 865.
Derselbe, recherches sur la composition des gaz produits dans les opérations de la métallurgie du fer et des gaz produits par divers combustibles. Ann. de mines, 4 sér., t. 5, p. 3 (1844). Uebersetzt in Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 929; Bd. 4, S. 585 und 882.
Debette, notice sur les recherches faites en Allemagne touchant la production des gaz combustibles et leur emploi dans la métallurgie de fer. Ann. d. mines, 4 sér., t. 5, p. 505 (1844).
Ebelmen, notice sur les génerateurs des gaz des usines d'Audincourt. Ann. d. mines, 4 sér., t. 6, p. 521 (1844). Uebersetzt in Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 176.
Derselbe, note sur la chaleur de combustion du carbone et de l'oxide de carbone. Ann. d. chim. et d. phys., t. 74, p. 442 (1840).
R. Bunsen und L. Playfair, Untersuchungen über den Proceß der Roheisen-

produktion mit Steinkohlenbetrieb. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 42, S. 145 (1847) und Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 5. Uebersetzt aus Report of the British Association for the Advancement of Science for 1845.

10) Brennmaterial-Abfälle und componirte Brennmaterialien.

Abhandlungen.

C. F. Leuchs, Bemerkungen über die Brennstoffe und Oefen. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 17, S. 389 (1839).
Oram's Patent-Brennmaterialien. Brgksfrnd. Bd. 1, S. 385 (1834).
Vorschlag zur Bereitung von Carboleïn. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 108 (1841).
Vortheile des Carboleïns beim Eisenschmelzen. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 108 (1841).
C. G. Kaiser, über das Carboleïn von Weschniakoff. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 439 (1842).
Ueber Torfkohk zur Darstellung einer künstlichen Kohle. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 210 (1842).
C. F. Anthon, über die Benutzung des Steinkohlenkleins. Brgksfrnd. Bd. 6, S. 187 (1843).
Künstliches Brennmaterial aus Torfkohle bereitet. Brgksfrnd. Bd. 10, S. 255 (1846).
Patentirtes Torfpräparat. Brgksfrnd. Bd. 10, S. 173 (1846).
Kohlenstaub zum Hohofenbetriebe. Brgksfrnd. Bd. 10, S. 535 (1846).
Der Eisenfrischproceß, ausgeführt mit nicht backendem Steinkohlenklein. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 683 (1843).
Duhamel, über den in der Hütte zu Bologne-le-Haut im Französischen Ober-Marne-Departement angewendeten Kohlenstoff-Träger (Carbono-fère). Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 356. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 7, p. 463 (1845).
Newton's verbessertes Verfahren, Carboleïn zu bereiten. Dingl. polyt. Journ. Bd. 86, S. 396 (1842).
W. Wylam, Fabrikation von künstlichem Brennmaterial und Bereitung von Kohk mittelst überhitzten Wasserdampfes. Dingl. polyt. Journ. Bd. 92, S. 335 (1844).

IV. Zur Lehre von den Wärme-Beförderungsmitteln.

1) Essen und Roste.

Abhandlungen.

J. A. Detmold, Verbesserungen in der Construktion und Einrichtung der Oefen. Brgksfrnd. Bd. 9, S. 497 (1845).
Ebelmen, Versuche über die Zusammensetzung der Luft in Essen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 4, S. 635 (1845).
Cubitt, über die Ausdehnung von Backsteinmauern und über Kamine für Fabriken und Hüttenwerke. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 913 (1846).
Clement's Schornsteinklappe und Ventilator. Dingl. polyt. Journ. Bd. 95, S. 84 (1845).
H. Buff, Reibungswiderstand der Zugluft in Schornsteinen. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 200 (1838).

Bücher und Brochüren.

E. Péclet, über Wärme und deren Verwendung in den Künsten und Gewerben.

Aus dem Französischen und mit Zusätzen versehen von C. F. A. Hartmann. 2 Thle. Mit 27 lithographirten Tafeln. 1830 und 1831.

Derselbe, traité de la chaleur considérée dans ses applications. 2 Thle. Zweite Auflage. Atlas mit 120 Kupfertafeln. 1843.

2) Gebläse-Maschinen.

Abhandlungen.

Cabiat, Windrad- oder Ventilator-Gebläse mit geraden Flügeln. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 1, S. 981 (1842).

K. Heyßl, über Gebläseliederung. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 281 (1843).

L. Oescher, über das Schneckengebläse. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 901 (1843).

v. Huëne, Tabellen zur Bestimmung der gegenseitigen Verhältnisse der Düsenweite, Pressung und Windmenge. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 745 (1844).

H. D. Merbach, über die vergleichungsweise Wirksamkeit eines Kasten- und Centrifugal-Gebläses. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 4, S. 375 (1845).

Buckle und Jones, über Windradgebläse. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 113 (1848).

Fr. Marquardt, über die vortheilhafte Anwendung des Ventilators bei Hammerwerken. Brgkfrnd. Bd. 6, S. 252 (1843).

W. Richter, die saugende Kraft als Lebenselement des Hüttenwesens, und das Friktions-Rotationsgebläse. Brgkfrnd. Bd. 6, S. 305 (1843).

Ein neuer Wind-Regulator. Brgkfrnd. Bd. 11, S. 62 (1846).

Tunner, Bestimmung der Windmenge, welche ein Hohofengebläse liefert. Brgkfrnd. Bd. 11, S. 227 (1846).

Erfindung eines Hohofengebläses mit constanter Windpressung ohne Regulator. Brgkfrnd. Bd. 11, S. 638 (1847).

Koch, einige Versuche und Beobachtungen über die Bewegung verdichteter Luft in langen Röhrenleitungen. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 3, S. 1 (1833).

Derselbe, Bemerkungen über die Berechnung der Windquantitäten bei Gebläsen. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 3, S. 27 (1833).

Buff, über die Ausströmungsgesetze atmosphärischer Luft. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 23 (1837).

Derselbe, über den Widerstand der Luft an den Wänden der Leitungsröhren. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 129 (1838).

Derselbe, über den Nutz-Effekt der Gebläse. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 393 (1841). Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 1, S. 117.

Derselbe, neue Berechnung der Versuche von Koch über das Ausströmen verdichteter Luft aus Röhren von verschiedener Gestalt. Pogg. Annal. Bd. 37, S. 277 (1836).

Weisbach, neue Ausmittelung der Ausfluß-Coefficienten der atmosphärischen Luft aus Gefäßen. Pogg. Annal. Bd. 51, S. 449 (1841).

Holtzmann, über den Ausfluß der Luft aus einem Behälter. Pogg. Annal. Bd. 61, S. 466 (1844).

Schulze, über die Berechnung der Geschwindigkeit und Quantität der erhitzten Gebläseluft. Karst. Arch. Bd. 9, S. 587 (1835).

F. Schreiber, vergleichende Versuche über die Bewegung der erhitzten Luft in einer weiten und in mehreren engen Röhren bei gleichen Oberflächen. Karst. Arch. Bd. 12, S. 121 (1838).

G. Karsten, hygrometrische Tabellen zur Anwendung bei Gebläsen und Gradirwerken. Karst. Archiv. Bd. 21, S. 49 (1847).

Frz. Rischner, das Schneckengebläse zu Hammerau in Bayern. Tunn. Jahrb. Bd. 2, S. 241 (1842).

Saint-Léger, über das Centrifugalgebläse des James Martin zu Rouen. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1835, S. 946.

Centrifugalgebläse der Hrn. Sudds, Barker rc. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1836, S. 1083.

Saint-Léger's Notiz über Versuche mit dem Centrifugalgebläse in der Gießerei von James Martin zu Rouen. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1837, S. 743.
J. J. Hawkins's verbesserte Düse. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1837, S. 814.
Ueber die Gesetze der Luftbewegung in Röhrenleitungen und in ihrer Anwendung auf Wetterlosung. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1838, S. 396.
Ueber Combes's Ventilator. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1838, S. 890.
Combes, über das Windrad als Ventilator. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1838, S. 921.
Hubert, Félix Palluy's Centrifugalgebläse. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1839, S. 1087.
Combes's Ventilator. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1840, S. 241.
M. Stecker's rotirendes Wassergebläse. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1841, S. 887.
Koch, über die Anwendung schwachen, vom Centrifugalgebläse kommenden Windes bei Cupolöfen. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1842, S. 192.
Einrichtung der Wasserformen in den Hohöfen zu Dixon in England. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1842, S. 879.
Joh. Müller's verbesserte Gebläseliederung. Polyt. Centralbl., n. F., Bd. 3, S. 158 (1844).
H. D. Merbach, neuer Windständer für Schmiedefeuer. Polyt. Centralbl., n. F., Bd. 5, S. 207 (1845).
Baddeley, der HHrn. Jeffries und Halley verbessertes Gebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 38, S. 123 (1830).
Rabier's Doppelblasebalg für Schmiedefeuer. Dingl. polyt. Journ. Bd. 45, S. 39 (1832).
Hopkins's Versuche und Beobachtungen über die divergirenden Strömungen ausfahrender, comprimirter Luft. Dingl. polyt. Journ. Bd. 46, S. 163 (1832).
Ein Schmiedeblasebalg ohne Leder. Dingl. polyt. Journ. Bd. 48, S. 22 (1833).
Beschreibung eines von der Steinkohlen- und Hüttenwerks-Compagnie des Aveyron eingeführten Cylindergebläses. Dingl. polyt. Journ. Bd. 50, S. 258 (1833).
Ueber das nach seinem Erfinder — Cagniard-Latour — Cagniardelle genannte Schraubengebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 55, S. 212 (1835).
Martin's hydraulisches Gebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 58, S. 366 (1835).
Centrifugalgebläse bei einem Schmiedefeuer. Dingl. polyt. Journ. Bd. 63, S. 397 (1837).
Bericht von Amédée Durand über die ununterbrochenen Windmaschinen von Paillette. Dingl. polyt. Journ. Bd. 66, S. 274 (1837).
Ueber Paillette's Gebläse. (Nachtrag zum vorhergehenden Aufsatze.) Dingl. polyt. Journ. Bd. 68, S. 327 (1838).
Ad. Poppe, Beschreibung des Cylindergebläses auf der Sayner Eisenhütte. Dingl. polyt. Journ. Bd. 68, S. 348 (1838).
Nordenskjöld, Beschreibung eines verbesserten Manometers. Dingl. polyt. Journ. Bd. 68, S. 437 (1838).
Feburet's Verbesserungen der Gebläseregulatoren. Dingl. polyt. Journ. Bd. 69, S. 236 (1838).
Jac. Perkins's Centrifugalgebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 70, S. 430 (1838).
Ad. Poppe's Beschreibung des Kettengebläses auf der Silbernaaler Frischhütte bei Clausthal am Harz. Dingl. polyt. Journ. Bd. 71, S. 448 (1839).
Feburet's Wasserregulator für Hohofengebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 73, S. 152 (1839).
Mohr, über Schmiedeblasebälge. Dingl. polyt. Journ. Bd. 78, S. 18 (1840).
v. Aschauer's Beschreibung eines neuen vervollkommneten Gebläsewindmessers. Dingl. polyt. Journ. Bd. 79, S. 187 (1841).
Burg, das Centrifugalgebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 80, S. 76 (1841).
v. Sabloukoff, über die zweckmäßigste Construktion und Anwendung der Centrifugalgebläse. Dingl. polyt. Journ. Bd. 81, S. 52 (1841).
Schwamkrug, die Cagniardelle. Ein Artikel in Hülße's allgemeiner Maschinen-Encyklopädie, Bd. 2, S. 813.

Marignac, description d'une machine soufflante à colonne d'eau (Henschel's Wassersäulengebläse). Ann. d. mines, 3 sér., t. 1, p. 69 (1832). Uebersetzt in Brgksfrnd. Bd. 6, S. 401.

Saint-Léger, description d'un ventilateur employé comme machine soufflante d'un cubilot. Ann. d. mines, 3 sér., t. 7, p. 295 (1835).

Burdin, considérations théoretiques sur le ventilateur employé comme machine soufflante et comme tourbine à gaz. Ann. d. mines, 3 sér., t. 10, p. 471 (1836).

Flachat, mémoire sur la soufflerie du haut-fourneau de Niederbronn (Bas-Rhin) mue par une machine à vapeurs. Ann. d. mines, 3 sér., t. 17, p. 295 (1840).

Bücher und Brochüren.

J. C. Pfort, Henschel'sches Wassersäulengebläse nach seiner ersten Ausführung bei der Eisenhütte zu Veckerhagen. Mit 2 Kupfertafeln. 1833.

v. Brandenburg, neue Gebläse. I. Das Gebläse mit heißer Luft. II. Das Schraubengebläse. Mit 1 Steindrucktafel. 1836.

J. Bagge, Beskrifning på en ny Konstruktion af Tackjernshammarställningar samt på tvenne Blåsmaschiner. 1843.

F. Redtenbacher, Theorie und Bau der Turbinen und Ventilatoren. Mit 6 lithographirten Tafeln. 1844.

3) Erhitzte Gebläseluft und Lufterhitzungs-Apparate.

Abhandlungen.

P. Berthier, über die Anwendung der Brennmaterialien in den Hohöfen. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 6, S. 231. Uebersetzt aus Ann. d. chim. et d. phys., t. 59 (1835).

Thibaud, Bericht über das Resultat der mit dem Cabrol'schen Apparat in den Hohöfen von Alais angestellten Versuche. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 7, S. 105. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 8, p. 193 (1835).

L. Holtzmann, über den Nutzen der erwärmten Gebläseluft in Gebläsefeuern. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 13, S. 304 (1832).

Stölzl, der Lufterhitzungs-Apparat des Rennfeuers zu Maximilianshütte bei Traunstein. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 1, S. 757 (1842).

Bäntsch, das Einblasen der erwärmten Luft in die Schmelzöfen wirkt wohl durch Steigerung des Effectes der Schmelzkohlen, nicht aber durch die der Gebläseluft anhängende Wärme. Brgksfrnd. Bd. 8, S. 545 (1845).

John Dixon's Lufterhitzungs-Apparat für Hohöfen. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 37 (1846).

Sobolewskoy, Bemerkungen über die Versuche, welche an verschiedenen Orten angestellt sind, Hohöfen mit erwärmter Luft zu treiben Pogg. Annal. Bd. 34, S. 163 (1835).

C. Pfort und H. Buff, Betrieb der Eisenschmelzöfen mit erwärmter Luft. Pogg. Annal. Bd. 34, S. 173 (1835). Auch in den Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 1.

H. Buff, Bemerkungen über die Gebläse mit heißer Luft, veranlaßt durch den Aufsatz von Sobolewskoy. Pogg. Annal. Bd. 37, S. 196 (1836).

H. Heß, Notiz zur Erklärung der Wirkung der heißen Luft bei Gebläsen. Pogg. Annal. Bd. 38, S. 232 (1836).

Th. Scheerer, über das Temperatur-Maximum in einem Hohofen und über den Effekt der erwärmten Gebläseluft. Pogg. Annal. Bd. 60, S. 508 (1844).

Resultate, welche sich bei Anwendung des Cabrol'schen Apparates auf dem Hüttenwerke von Aveyron ergeben haben. Dingl. polyt. Journ. Bd. 64, S. 140 (1837).

Gibbon's Metallthermometer für Hohöfen, die mit heißer Luft gespeist werden. Dingl. polyt. Journ. Bd. 68, S. 436 (1838).

Ueber die Anwendung der erhitzten Luft in Verbindung mit reducirenden Gasen. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1836, S. 225.

M. Woltz, notice sur l'appareil qui sert à chauffer le vent alimentant les hauts-fourneaux de la fonderie royale de Wasser-Alfingen. Ann. d. mines, 3 sér., t. 4, p. 77 (1833).

Varin, notice sur les résultats de l'emploi de l'air chaud et sur l'appareil, qui sert à le chauffer dans l'usine de la Voulte. Ann. d. mines, 3 sér., t. 5, p. 497 (1834).

Bücher und Brochüren.

C. F. Leuchs, das Gebläse mit heißer Luft, oder Beschreibung der wichtigen Erfindung, heiße Luft bei Eisenschmelzöfen und allen anderen Feuerungen anzuwenden. 1834.

Dufrénoy, rapport sur l'emploi de l'air chaud dans les usines à fer de l'Ecosse et de l'Angleterre. 1834.

v. Herder, Abbildung und Beschreibung der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft auf den Hüttenwerken in Deutschland, England, Frankreich, der Schweiz und Schweden. Herausgegeben, im Vereine mit Brendel, Reich und Winkler, von Th. Merbach. 1840.

Th. Merbach, die Anwendung der erwärmten Gebläseluft im Gebiete der Metallurgie. Aus den Nachlaßschriften des verstorbenen Oberberghauptmanns v. Herder. 1840.

C. F. A. Hartmann, über den Betrieb der Hohöfen, Cupolöfen, Frischfeuer und Schmiedeessen mit erhitzter Gebläseluft; über die Anwendung des lufttrocknen, des gedörrten und des halb verkohlten Holzes beim Hohofen- und Frischfeuerbetriebe, und über den jetzigen Stand des Eisenhüttengewerbes. Mit lithographirten Tafeln. 6 Hefte. 1834—41.

4) Zweckmäßige Ofenconstruktion und Regulirung der zuströmenden Verbrennungsluft.

Abhandlungen.

A. Delesse, über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 713. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 739 (1842).

Cubitt, über die Ausdehnung der Backsteinmauern und über Kamine für Fabriken und Hüttenwerke. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 913 (1844.)

Holzpuddelofen mit sogenanntem Pultrost auf der Hütte zu Hammerau in Oberbaiern. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 226. Aus Tunn. Jahrb. für 1847.

Hellmann, über Pultfeuer und deren Anwendung zum Steinkohlen- wie Torfbrennen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 281 (1848).

Ad. Detmold, Verbesserung in der Construktion und Einrichtung der Oefen. Brgksfrnd. Bd. 9, S. 497 (1845).

S. W. Smith, Apparate zur Regulirung der Gebläseluft für Schmelzöfen. Dingl. polyt. Journ. Bd. 88, S. 166 (1843).

H. Buff, Reibungswiderstand der Zugluft in Schornsteinen. Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 200 (1838).

Lefroy, mémoire sur les fourneaux fumivores. Ann. d. mines, 3 sér., t. 3, p. 665 (1833).

5) Anwendung des zweckmäßigsten Brennmaterials.

Abhandlungen.

Lampadius, über den Gebrauch unverkohlter Brennmaterialien in Schachtöfen, namentlich über einige in dieser Hinsicht in Rußland angestellte Versuche. Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. Bd. 12, S. 337 (1831).

Derselbe, nachträgliche Bemerkungen über den Gebrauch roher Brennmaterialien in Schachtöfen. Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. Bd. 14, S. 416 (1832).

Derselbe, weitere Fortschritte der Anwendung des rohen Holzes bei dem Verschmelzen in Schachtöfen. Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. Bd. 17, S. 471 (1833).

Kirn, über die verschiedenen Methoden, das Brennholz zur Glasofenfeuerung zu dörren, nebst einigen Worten über die Anwendung des gedörrten Holzes in Hohöfen und Frischfeuern. Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. Bd. 16, S. 275 (1833).

Koch, über den Betrieb des Hohofens zu Fade mit gedörrtem Holze. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 1, S. 216. Aus den Stud. d. Gött. Ver. Bd. 4, S. 384 (1841).

Sauvage, über mehrere Explosionen, welche bei Eisenhohöfen im Departement der Ardennen vorgekommen sind; und Betrachtungen über die Ursachen, durch welche sie bewirkt wurden. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 1, S. 812; Brgksfrnd. Bd. 5, S. 193; Karst. Arch. Bd. 16, S. 254. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 19, p. 167 (1841).

A. Delesse, über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 441 u. 713. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 379 (1842).

L. Bischof, Benutzung roher Brennmaterialien bei der Eisenfabrikation. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 545 (1843).

Balling, Bemerkungen zu dem Aufsatz von A. Delesse »über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen.« Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 832 (1843).

L. Bischof, die indirekte aber höchste Nutzung der Brennmaterialien oder Umwandlung derselben in Gas. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 337 (1844).

Gas-Puddel- und Schweißöfen zu Mautern in Steyermark. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 222. Aus Tunn. Jahrb. 1847.

Ebelmen, über die Anwendung des grünen Holzes in Hohöfen. Brgksfrnd. Bd. 2, S. 501. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 14, p. 41 (1838).

C. J. B. Karsten, über die Anwendung des rohen und des halb verkohlten Holzes beim Betriebe der Hohöfen zum Eisenschmelzen. Karst. Arch. Bd. 12, S. 408 (1838).

Derselbe, über die Anwendung der rohen Steinkohlen beim Betriebe der Hohöfen zum Eisenschmelzen. Karst. Arch. Bd. 12, S. 496 (1838).

Derselbe, über die Reduktion der Eisenerze in den Schachtöfen bei heißem und kaltem Winde und bei rohem und verkohltem Brennmaterial. Karst. Arch. Bd. 12, S. 520 (1838).

Derselbe, über die Anwendung eines Gemenges von Kohks und Holzkohlen beim Betriebe der Hohöfen. Karst. Arch. Bd. 12, S. 551 (1838).

G. de Nerville, Nachricht von einem Ereigniß (einer Explosion), welches sich bei dem Hohofen von Vandey zugetragen hat. Karst. Arch. Bd. 16, S. 269. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 19, p. 179 (1841).

Theorie des Hohofenprocesses mit verkohltem und unverkohltem Brennmaterial, jederseits mit kalter und heißer Luft; nach Berthier und Guényveau aus Ann. d. mines, 3 sér., t. 7, p. 78 (1832) im Polyt. Centralbl., Jahrgang 1836, S. 294.

Gueymard, essais sur la fusion des minérais de fer spathique au moyen de l'anthracite, dans le haut-fourneau de Vizille (Isère), pendant l'année 1827. Ann. d. mines, 3 sér., t. 3, p. 71.

Robin, sur l'emploi de l'anthracite au haut-fourneau de Vizille (Isère). Ann. d. mines, 3 sér., t. 4, p. 127 (1833).
Bouteneff, descriptions des résultats obtenus en Russie dans l'usine de Soumboul, dans la fonte des minérais de fer, au moyen du bois non carbonisé. Ann. d. mines, 3 sér., t. 4, p. 151 (1833).
P. Berthier, note sur les produits du haut-fourneau de Plons. Ann. d. mines. 3 sér., t. 6, p. 461 (1834).
Thibaud, rapport sur le résultat des expériences faites avec l'appareil Cabrol dans les hauts-fourneaux d'Alais. Ann. d. mines, 3 sér., t. 8, p. 193 (1835). Uebersetzt in Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 7, S. 105.
Michel Chevalier, note sur l'emploi du bois dans deux hauts-fourneaux des Etats-unis. Ann. d. mines, 3 sér., t. 9, p. 155 (1836).
Sauvage, mémoire sur la substitution dans les hauts-fourneaux du bois en partie carbonisé au charbon préparé en meule dans les forêts. Ann. d. mines, 3 sér., t. 11, p. 527 (1837).
Bineau, mémoire sur les divers procédés mis en usage pour remplacer, dans les haut-fourneaux et les feux d'affinerie, le charbon de bois par le bois vert, desseché ou torrefié. Ann. d. mines, 3 sér., t. 13, p. 131 et p. 217 (1838).
A. Daubrée, notice sur l'emploi de l'anthracite dans les hauts-fourneaux à fer du pays de Galles. Ann. d. mines, 3 sér., t. 14, p. 25 (1838).

Bücher und Brochüren.

C. Hartmann, über den Betrieb der Hohöfen, Cupolöfen, Frischfeuer und Schmiedeessen mit erhitzter Gebläseluft; über die Anwendung des lufttrocknen, des gedörrten und des halbverkohlten Holzes beim Hohofen- und Frischfeuerbetriebe, und über den jetzigen Stand des Eisenhüttengewerbes. Mit lithographirten Tafeln. 1834—41.
Derselbe, über den Eisenhüttenbetrieb mit den aus den Hohöfen entweichenden und aus festen Brennmaterialien erzeugten Gasen. 1844—45.
Bischof, die indirekte, aber höchste Nutzung der rohen Brennmaterialien, oder Umwandlung derselben in Gas und Nutzung dieses Gases zu Feuerungen jeder Art, namentlich zu metallurgischen Zwecken. 1848.

6) Gewisse Vorbereitungen des Ofens, Brennmaterials, der Beschickung und Verbrennungsluft.

Abhandlungen.

C. J. Heine, über die Anwendung trockner und nasser Kohlen, und über den Einfluß der verschiedenen Kohlensorten beim Kupfergaarmachen. Brgksfrnd. Bd. 1, S. 153 (1838).
Kirn, Apparat zum Trocknen des Holzes und Torfes Brgksfrnd. Bd. 3, S. 117 (1840).
Werlisch, über die Gewichtszunahme der Holzkohlen beim Lagern und die größere Wirksamkeit der gelagerten Kohlen. Brgksfrnd. Bd. 3, S. 513 (1841).
Balaschef, über das Dörren des Holzes. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 81 (1841).
Torfpresse und Trockentorfhorde mit Flügelbewegung. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 167 (1841).
J. Lößl, neue Torfpresse. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 465 (1842).
Fyfe über die Zerstörung des Rauches und die Brennmaterial-Ersparniß, welche zugeleitete Wasserdämpfe bewirken. Brgksfrnd. Bd. 7, S. 239 (1844).
C. Schafhäutl, Beschreibung einer eigenthümlichen Methode, den Torf und ähnliche Brennmaterialien zu verdichten Brgksfrnd. Bd. 9, S. 193 (1845).

Ueber die Vortheile Knörpelerze (Erz in kleineren Stücken) statt der Schliche zu verschmelzen. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 573 (1847).

Anwendung des heißen Windes und des Wasserdampfes bei der Eisenfabrikation am Harz. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 1, S. 326 (1842).

A. Delesse, über die Anwendung von Holz und Torf beim Eisenhüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 441. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 379 (1842).

Plieninger, über eine Methode den Torf zu pressen. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 5, S. 586 (1846).

Kirn, über die verschiedenen Methoden, das Brennholz zur Glasofenfeuerung zu dörren, nebst einigen Worten über die Anwendung des gedörrten Holzes in Eisenhohöfen und Frischheerden. Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. Bd. 16, S. 275 (1833).

A. Fyfe, über die Anwendung des Wasserdampfes zur Ersparung an Brennmaterial. Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 12, S. 9 (1837).

Kirn, über die zweckmäßige Behandlung des Holzes als Brennmaterial. Karst. Arch. Bd. 3, S. 189 (1831).

Wedding, über die Torfpresse des Lord Willoughby d'Eresby. Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gew. Jahrgang 17, Lief. 5 (1838).

Jac. Schelieſsnigg, Einführung der Wind-Holzdörröfen bei dem Egger'schen Drahtwalzwerke zu Feistritz in Kärnthen. Tunn. Jahrb. Bd. 3, S. 407 (1843—46).

Ueber die Anwendung von Dampf und Anthracit beim Hohofenbetriebe. Dingl. polyt. Journ. Bd. 66, S. 316 (1837).

Bücher und Brochüren.

C. A. Pohlenz, Beschreibung der patentirten Torfpresse. Nebst Abbildungen derselben. 1836.

F. G. Wieck, Torfbüchlein, oder Eigenschaften, Gewinnung und Benutzung des Torfs. Mit Abbildungen von Torfpressen, Torfverkohlungsöfen, Trockenvorrichtungen u. s. w. 1839.

Willoughby d'Eresby, Beschreibung des Verfahrens bei dem Pressen des Torfes und der dabei verwendeten verschiedenen Maschinen. Mit 8 Abbildungen. Deutsch bearbeitet von J. A. Schubert. 1835.

7) Anwendung der Gichtgase, der Gichtflamme und der von den Ofenwänden u. s. w. abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme*).

Abhandlungen.

Ueber Benutzung der aus der Gicht der Eisenhohöfen entweichenden Gasarten. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 1, S. 21 (1842).

Vortheile der Benutzung der aus den Frischfeuern unbenutzt entweichenden Hitze. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 1, S. 392 (1842).

Armengaud, Benutzung der aus den Hohöfen entweichenden Gichtflamme zur Heizung von Dampfmaschinenkesseln. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 1, S. 501 (1842).

C. Pfort, der Flammofenbetrieb mit brennbaren Gasen zu Beckerhagen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 1, S. 964. Aus den Stud. d. Gött. Ver. Bd. 5, S. 1 (1842).

Anwendung der Hohofengase zum Anheizen eines anderen Hohofens. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 2, S. 146 (1843).

---

*) Mehrere zum Theil hierher gehörige Abhandlungen werden in der zweiten Abtheilung dieses Verzeichnisses (die metallurgische Literatur über die einzelnen Metalle enthaltend) aufgeführt werden.

Verfahren und Apparate, um die Gichtgase der Hohöfen zum Betriebe von Weiß-, Puddel- und Schweißöfen, zum Heizen von Dampfkesseln u. s. w. zu benutzen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 208. Aus Dingl. polyt. Journ. Bd. 86, S. 92 (1842).

Ebelmen, über das Verfahren des Herrn Sire bei Darstellung des Eisens mittelst Hohofengasen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 340. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 371 (1842).

A. Delesse, über die Anwendung der Hohofengase bei der Eisenfabrikation. Berg- und hütt. Ztg. Bd. 2, S. 697; Brgksfrnd. Bd. 6, S. 209; Polyt. Centralbl., n. F., Bd. 1, S. 337. Uebersetzt aus Ann. de mines, 4 sér., t. 1, p. 433 (1842).

Ebelmen, über die Erzeugung und Benutzung der brennbaren Gase im Hüttenwesen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd 2, S. 865. Uebersetzt aus Ann. de mines, 4 sér., t. 3, p. 207 (1843).

Derselbe, über die Gase der Frischfeuer, ihre Anwendung und die Theorie des Frischprocesses. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 9; Polyt. Centralbl. Bd. 2, S. 351. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 3, p. 167 (1843).

P. Tunner, über die zu St. Stephan in Steyermark vorgenommenen Eisenfrischversuche mit den aus rohem Braunkohlenklein entwickelten Gasen. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 3, S. 73. Aus Tunn. Jahrb. Bd. 2, S. 257 (1842).

Ebelmen, Untersuchung über die Zusammensetzung der gasförmigen Eisenhüttenprodukte und der gasförmigen Produkte verschiedener Brennmaterialien. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 4, S. 585. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 5, p. 3 (1844).

Derselbe, Bemerkungen, die Zusammensetzung der Eisenhohofengase betreffend. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 4, S. 882; Brgksfrnd. Bd. 9, S. 189 (1845).

Rigaud, über die bei der Eisenbereitung verloren gehende Wärme. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 4, S. 1105; Brgksfrnd. Bd. 10, S. 88 (1845).

F. Maresch, Benutzung der Vorschmelz- und Frischfeuerflammen zum Verfrischen und Puddeln des Roheisens selbst. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 89 (1846).

Sauvage, Puddelproceß mit den brennbaren Gasen eines Frischfeuers zu Montblainville. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 5, S. 169; Brgksfrnd. Bd. 9, S. 513. Uebersetzt aus Ann. d. mines, 4 sér., t. 6, p. 461 (1844).

J. Römheld, über Verwendung der beim Hohofen- und Cupol-Ofenbetrieb erzeugten Gase. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1847, S. 917; Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 6, S. 665.

Rienecker, über Benutzung der Wärme beim Hüttenprocesse zum Brennen der Thonsteine. Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 7, S. 81; Brgksfrnd. Bd. 11, S. 617 (1847).

Benutzung der Gichtgase der Hohöfen. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 157 (1841).

Etwas über die Benutzung der Gase aus den Hohöfen zum Frischen, Puddeln und Schweißen. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 380 (1842).

Stölzl, die Benutzung der aus den Frisch- und Schmiedefeuern u. s. w. ausströmenden Gasflamme zur Erwärmung der Gebläseluft, des Roheisens und der Schirbel. Brgksfrnd. Bd. 4, S. 449 (1842).

Ebelmen, über die Zusammensetzung und Anwendung der Eisenhohofengase. Brgksfrnd. Bd. 5, S. 257. Uebersetzt aus Ann. d. mines., 3 sér., t. 20, p. 359 (1841).

Balling, die k. k. privilegirte neue Frischmethode mit Benutzung der von den gewöhnlichen Frischfeuern abgehenden Hitze des Herrn Maresch. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 97 (1846).

Ueber die Heizung der Dampfkessel mit der bei Kohkshohöfen verloren gehenden Wärme. Brgksfrnd. Bd. 11, S. 761.

Ueber Ersparniß an Brennmaterial bei Rostfeuern. Dingl. polyt. Journ. Bd. 85, S. 226 (1842).

Laurent und Thomas, über die Anwendung der Hohofengase zu metallurgischen Operationen und des stark erhitzten Wasserdampfes zur Verkohlung von Holz, Torf u. s. w. Dingl. polyt. Journ. Bd. 88, S. 347; Berg- u. hütt. Ztg. Bd. 2, S. 621 (1843).

Grouvelle's Einrichtung der Oefen zur Kohksbereitung, wenn die dabei abgehende Hitze zu anderen Zwecken benutzt werden soll. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1836, S. 693. Aus den Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gew. 1836, Lief. 2, S. 95.

Schönberg, über die Benutzung der Hohofengase nach Faber du Faur's Methode. Polyt. Centralbl., Jahrgang 1841, S. 382.

Aler, Benutzung der bei gewöhnlichen Holzkohlenfrischfeuern verloren gehenden Hitze. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 7, S. 137 (1830).

Lampadius, über die Benutzung der bei dem Verkohlungs-Processe verloren gehenden flammeerregenden Stoffe. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie Bd. 9, S. 440 (1830).

Gueymar, über die Speisung der Hohöfen mit erhitzter Gebläseluft. Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. 18, S. 331 (1833).

Th. Virlet, mémoire sur un nouveau procédé de carbonisation dans les usines, à l'aide de la chaleur perdue des hauts-fourneaux et foyers de forge. Ann. d. mines., 3 sér., t. 10, p. 203 (1836).

Robin, experiences sur la chaleur fournie par la flamme du gueulard du haut-fourneau de Niederbronn. Ann. d. mines, 3 sér., t. 14, p. 335 (1838).

E. Flachat, mémoire sur la soufflerie du haut-fourneau de Niederbronn, mue par une machine à vapeur, dont les chaudières sont chauffées par la flamme du gueulard de cet haut-fourneau. Ann. d. mines, 3 sér., t. 17, p. 295 (1840).

Derselbe, application de la flamme perdue des fours à rechauffer le fer au chauffage des générateurs de machines à vapeur deslinées à faire mouvoir les appareils de fabrication. Ann. d. mines, 3 sér., t. 17. p. 113 (1840).

L. Vuillemin, description d'une machine à vapeur chauffée par la flamme perdue de deux fours à puddler. Ann. d. mines, 4 sér., t. 2, p. 679.

A. Delesse, note sur l'emploi des gaz d'un fourneau à cuivre de Riechelsdorf. Ann. d. mines, 4 sér., t. 4, p. 541 (1843).

Bücher und Brochüren.

Droinet, allgemeine Betrachtungen über ein neues Verkohlungsverfahren, auf welches die Herren F. Didier und F. Droinet aus Rheims in Frankreich unterm 28. October 1835 ein ausschließliches Privilegium für das Kaiserthum Oesterreich erhielten, lautend auf die Verkohlung jedes Brennmaterials mittelst der verlorenen Flamme von Hohöfen, Frischfeuern u. s. w. (Französisch und deutsch) 1839.

A. u. E. Demárteau, das neue Verkohlungsverfahren mittelst der Gichtflamme, sowohl in theoretischer als in praktischer Hinsicht betrachtet. Nach den Berichten der Französischen Ingenieurs, mit Bezug auf die zu Neuberg in Steyermark ausgeführten Versuche bearbeitet. 1840.

v. Herder, Abbildung und Beschreibung der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft auf den Hüttenwerken in Deutschland, England, Frankreich, der Schweiz und Schweden. Herausgegeben, im Verein mit Brendel, Reich und Winkler, von Th. Merbach. 1840.

C. Hartmann, über den Eisenhüttenbetrieb mit den aus den Hohöfen entweichenden und aus festen Brennmaterialien erzeugten Gasen. 1845.

Lehrbuch

der

Metallurgie.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Lehrbuch

der

Metallurgie

mit

besonderer Hinsicht

auf

chemische und physikalische Principien.

Von

Dr. Th. Scheerer,
Professor der Chemie an der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg.



Zweiter Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1853.

Interimistisches Inhalts-Verzeichniß
zu Bd. II, Lief. 1 und 2.

Eisen.
(Fortsetzung.)

Berichtigungen.

S. 8 Z. 16 v. o. lies: gewonnen anstatt: genommen.
S. 22 Z. 15 v. u. lies: Fig. 121 anstatt: Fig. 123.
S. 24 Z. 10 v. o. soll kein Absatz durch eine neue Zeile sein.
S. 47 Z. 15 v. o. lies: 1800° anstatt: 1900°.
S. 122 Z. 8 v. o. lies: Verkohkung anstatt: Verkohlung.

Eisen.

III. Von der metallurgischen Gewinnung des Roheisens.

Alle zur metallurgischen Gewinnung des Roheisens angewendeten Erze sind, wie im vorhergehenden Abschnitte (Bd. I., S. 585)*) gezeigt wurde, entweder Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff, des Eisenoxyds mit Wasser oder des Eisenoxyduls mit Kohlensäure. Die Darstellung des Roheisens aus den Eisenerzen geschieht daher durch einen einfachen reducirenden Schmelzproceß, bei welchem die dem Eisenerze beigemengte Gebirgsart verschlackt, das Eisen aber als geschmolzenes Roheisen ausgeschieden wird.

A. Chemische Theorie des Hohofenprocesses.

1) Darstellung der wichtigsten chemischen Principien, auf denen der Hohofenproceß beruht.

Der in Hohöfen von besonderer Construktion (Bd. I., S. 78) ausgeführte Roheisen-Schmelzproceß zerfällt, seinem chemischen Hergange nach, in drei Abtheilungen: 1) in die Reduktion der Erze zu metallischem Eisen, 2) in die Kohlung des reducirten Eisens, und 3) in die Schlackenbildung. Obwohl diese drei Processe nicht durch getrennte Operationen ausgeführt werden, sondern sich in jedem im Betriebe stehenden Eisenhohofen unausgesetzt und gleichzeitig in Wirksamkeit befinden, so gewährt es doch eine Erleichterung in der Auffassung, wenn man dieselben gesondert betrachtet.

*) Die Citate, bei denen die Quelle nicht näher angegeben ist, beziehen sich auf das vorliegende Werk, und zwar, wenn die Angabe des Bandes fehlt, auf den zweiten Band desselben.

a) Reduktion der Eisenerze.

Zur Reduktion der Eisenerze im Schachte eines Hohofens bedient man sich verschiedener Reduktionsmittel. Am gewöhnlichsten werden Holzkohle (Schwarzkohle) oder Kohk angewendet; seltener Rothkohle, gedarrtes oder selbst nur lufttrocknes Holz, Anthracit, Steinkohle. Das — zugleich als Brennmaterial dienende — Reduktionsmittel wird mit den Erzen in abwechselnden Lagen im Schachtraume aufgeschichtet; ein durch ein Gebläse in den unteren Theil des Ofens eingeführter lebhafter Luftstrom verbrennt das seinem Einströmungsorte zunächst liegende Brennmaterial, treibt die hierbei gebildeten gasförmigen Verbrennungs-Produkte durch jene Schichten empor, und verbreitet dadurch eine höhere, nach der Gicht hin abnehmende Temperatur im Inneren des ganzen Ofens. Aus diesem Hergange ersieht man, daß es nicht eigentlich die festen Brennmaterialien oder Reduktionsmittel (Holzkohle, Kohk u. s. w.) sind, welche die Reduktion der Eisenerze bewirken, sondern daß diese Wirkung den reducirenden Gasen zugeschrieben werden muß, welche sich in Folge der Verbrennung jener ersteren entwickeln. Die Arten der Gase, die unter diesen Umständen in einem Hohofen gebildet werden, haben wir bereits bei der Betrachtung der gasförmigen Brennmaterialien (Bd. I., S. 343) kennen gelernt. Wir wissen vor der Hand, daß der in einem Eisenhohofen aufsteigende Gasstrom wesentlich Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff und in gewissen Fällen auch ölbildendes Gas und Cyan enthält. Es wird sich also darum handeln, die reducirende Einwirkung dieser Gase auf die bis zu einer gewissen Temperatur erhitzten Eisenerze kennen zu lernen. Da Stickstoff und Kohlensäure keine reducirenden Eigenschaften besitzen, so können diese hierbei übergangen werden. Ferner brauchen wir hinsichtlich der Eisenerze, aus nahe liegenden Gründen, nur das Eisenoxyd in Betracht zu ziehen.

Kohlenoxyd und Eisenoxyd.

Kohlenoxyd und Eisenoxyd. Die ersten Versuche, durch welche die gegenseitige Einwirkung dieser beiden Körper bei höherer Temperatur direkt nachgewiesen wurde, haben Leplay und Laurent*) angestellt. Sie brachten in eine durch einen Ofen gelegte Porzellanröhre reines Eisenoxyd (aus seiner Auflösung in Salpetersäure durch Ammoniak gefällt), und leiteten einen Strom von trocknem Kohlenoxydgas darüber, das aus doppelt oxalsaurem Kali und Schwefelsäure bereitet war. Bei einer Temperatur von 25 — 30° nach dem Pyrometer von Wedgewood (ungefähr 1000 — 1200° C.) wurde das Eisenoxyd hierdurch zu weichem, völlig hämmerbarem Eisen reducirt, und eine entsprechende Menge Kohlenoxyd zu Kohlensäure oxydirt. Ein Stück Rotheisenstein und ein Eisenglanzkrystall, auf dieselbe

*) Ann. d. Chim. et d. Phys. T. 75, p. 404.

Weise behandelt, wurden ebenfalls zu metallischem Eisen. Als Stücke dieser Erze, um die allmälige Veränderung ihres Zustandes zu beobachten, gegen die Mitte der Operation herausgenommen wurden, zeigten sie sich in dichtes, mit einem Häutchen von weichem Eisen bedecktes Eisenoxydoxydul umgewandelt. Durch einen besonderen Versuch überzeugten sich Leplay und Laurent, daß die Reduktion des Eisenoxyds durch Kohlenoxyd mit derselben Leichtigkeit geschieht, wie durch Wasserstoff. Gay-Lussac hat dargethan, daß hierzu eine Temperatur von 400° C. hinreicht. Bei der Untersuchung der Cementation des Eisenoxyds in mit Kohle ausgefütterten Tiegeln fand Berthier, daß das Eisenoxyd anfangs in Eisenoxydoxydul übergeht, und daß, so lange in der Mitte ein Kern von Eisenoxyd übrig ist, sich auf der Oberfläche keine Spur von metallischem Eisen bildet.

Wasserstoff u. Eisenoxyd.

Wasserstoff und Eisenoxyd. Die Reduktion des Eisenoxyds durch Wasserstoff bei höherer Temperatur ist eine hinreichend bekannte Thatsache.

Kohlenwasserstoff u. Eisenoxyd.

Kohlenwasserstoff und Eisenoxyd. Durch Kohlenwasserstoff wird das Eisenoxyd sehr leicht reducirt, indem sich hierbei sowohl Kohlenstoff als Wasserstoff auf Kosten desselben oxydiren.

Oelbildendes Gas u. Eisenoxyd.

Oelbildendes Gas und Eisenoxyd. Das Verhalten dieses Gases zum Eisenoxyd ist, hinsichtlich seiner reducirenden Wirkung, ganz analog dem des Kohlenwasserstoffgases.

Cyan und Eisenoxyd.

Cyan und Eisenoxyd. Cyan ist ein sehr kräftig wirkendes Reduktionsmittel. Ein Strom dieses Gases über glühendes Eisenoxyd geleitet, reducirt dasselbe mit Leichtigkeit, und verwandelt sich dabei in Stickstoff und Kohlensäure oder Kohlenoxyd, was von der relativen Menge des Cyans zum Eisenoxyd abhängig ist.

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, daß der aus den genannten Gasen bestehende Gasstrom, welcher im Innern eines Hohofens durch die abwechselnden Brennmaterial- und Erzschichten aufsteigt, eine entschieden reducirende Wirkung auf letztere ausüben, und in denjenigen Theilen des Schachtes, wo eine hinreichend hohe Temperatur herrscht, metallisches Eisen aus den Erzen erzeugen muß. Durch die Mengung der reducirenden Gase mit so beträchtlichen Quantitäten Stickstoff und Kohlensäure — theilweise auch Wasserdampf —, wie dieselben in den Hohofengasen enthalten sind, wird die Reduktion ohne Zweifel verzögert, aber durchaus nicht verhindert. Ein wichtiger Umstand hierbei ist, daß die reducirende Kraft des aufsteigenden Gasstromes — welche natürlich in dem Maße abnimmt, als die reducirenden Gase in demselben verbraucht, d. h. durch Einwirkung des Eisenoxyds und Eisenoxyduls oxydirt werden — dadurch wieder vermehrt wird, daß die aus dem Kohlenoxyd u. s. w. gebildete Kohlensäure sich bei ihrem Aufsteigen durch die glühenden Kohlenschichten wieder in Kohlenoxyd umwandelt. Auf dieselbe Weise wird Wasserdampf, welcher sich durch reducirende

Wirkung des Wasserstoffs und der Kohlenwasserstoffgase auf die Erze gebildet hat, wieder zu Wasserstoff und zu Kohlenoxyd.

b) Kohlung des reducirten Eisens.

Die Art, auf welche die Kohlung des reducirten Eisens, also die eigentliche Bildung des Roheisens, stattfindet, ergiebt sich aus dem Verhalten der in den Ofengasen vorhandenen kohlenden Gasarten zum metallischen Eisen. Was in dieser Beziehung auf synthetischem Wege ermittelt worden ist, besteht hauptsächlich in Folgendem.

Kohlenoxyd und Eisen.

Kohlenoxyd und Eisen. Man glaubte lange Zeit, daß das Kohlenoxyd eine Kohlung des Eisens nicht zu bewirken vermöge. Bei den oben erwähnten Reduktions-Versuchen von Leplay und Laurent, welche mit einem auf nassem Wege (aus saurem oxalsaurem Kali und Schwefelsäure) bereiteten Kohlenoxyd angestellt wurden, erfolgte ein anscheinend ganz kohlefreies Eisen; auch beobachteten dieselben bei einem anderen Versuche, daß Stücke von weichem Eisen (Eisendraht), in einem Strome von Kohlenoxyd geglüht, keinen Kohlenstoff aus diesem Gase aufnahmen. Wurde dagegen ein durch unvollkommne Verbrennung gewöhnlicher Holzkohlen erzeugtes Kohlenoxydgas zu diesen Versuchen angewendet, so fand stets eine, wenigstens bis zur Stahlbildung gehende, Kohlung des Eisens statt. Hieraus schloß man, daß entweder das auf nassem Wege bereitete Kohlenoxyd eine Beimengung enthalte, welche die Kohlung verhindere, oder daß das auf trocknem Wege dargestellte durch einen Stoff verunreinigt sey, welcher die Kohlung bewirke. Da man nun fand, daß Kohlenoxyd aus Holzkohlen erzeugt, welche zuvor längere Zeit bei sehr hoher Temperatur ausgeglüht worden waren, ebenfalls nicht, oder doch nur sehr wenig kohlte, so glaubten viele Metallurgen dem reinen Kohlenoxydgase die Eigenschaft des Kohlens ganz absprechen zu müssen. Dieser zweifelhafte Punkt wurde erst neuerlich durch die interessanten Versuche von K. Stammer*) aufgehellt. Derselbe zeigte, daß reines, auf nassem Wege dargestelltes Kohlenoxyd, welches über stark rothglühendes Eisenoxyd geleitet wird, letzteres nicht blos reducirt, sondern auch das reducirte Eisen kohlt. Um dieses Verhalten genauer zu erforschen, reducirte er eine gewogene Quantität chemisch reines Eisenoxyd durch Wasserstoff in einer gläsernen Kugelröhre, und leitete über das dadurch gebildete metallische Eisen reines Kohlenoxydgas bei der höchsten Temperatur, welche eine Berzelius'sche Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge zu geben vermag. Nach längerer Zeit war nicht allein eine bedeutende Gewichtszunahme des Eisens, sondern auch eine beträchtliche Vermehrung seines Volums zu bemerken; so daß endlich, nach acht Tage lang fortgesetztem Glühen, fast die ganze Kugel

*) Brgsksfrnd. 1851, Nro. 25, S. 388.

der Kugelröhre mit einer sammetschwarzen feinpulverigen Masse angefüllt war, und die Gewichtszunahme nicht weniger als 70,23 Proc. betrug. Beim Zerschneiden der Kugel fand sich, daß der Inhalt aus zwei Substanzen bestand: die eine, zusammengesintert und eisengrau, bedeckte die Wandungen der Kugel; die andere, pulverförmig und sammetschwarz, erfüllte deren Inneres. In der ersteren Substanz (a) wurde der Eisengehalt, in der anderen (b) der Kohlegehalt bestimmt, und es ergaben sich hieraus folgende Zusammensetzungen:

	a.	b.
Eisen	95,95	22,50
Kohlenstoff	4,05	77,50
	100,00	100,00

Die Substanz a ist also ein graues Roheisen (mit höherem Kohlegehalte). Was von der Substanz b zu halten sey, werden wir weiter unten erfahren.

Versuchen wir diese Resultate zu deuten, und namentlich mit den ihnen anscheinend widersprechenden Versuchen von Leplay und Laurent in Harmonie zu bringen, so ist besonders zu berücksichtigen 1) daß Stammer's Versuche bei einer verhältnißmäßig niedrigen Temperatur angestellt, 2) daß sie während einer sehr beträchtlichen Zeit fortgesetzt, und 3) daß dieselben mit einem äußerst porösen metallischen Eisen vorgenommen wurden, mit einem Eisen, wie man es mittelst Reduktion eines aus Eisenoxydhydrat dargestellten Eisenoxyds durch Wasserstoff erhält. Alle diese drei Punkte dürften von Wichtigkeit seyn, und in ihnen der Schlüssel zur Lösung jener anscheinenden Widersprüche liegen. Es hat den Anschein, daß das glühende poröse Eisen, so lange es seine Porosität durch eine höhere Temperatur noch nicht eingebüßt hat, eine ganz specifische Wirkung auf die Abscheidung des Kohlenstoffs aus dem Kohlenoxyd ausübe; ja daß dies selbst in Bezug auf andere kohlenstoffhaltige Gase der Fall sey, bei denen man die Möglichkeit einer solchen Abscheidung früher nicht geahnt hat. Stammer beobachtete nämlich, daß das durch Wasserstoff reducirte poröse Eisen sogar aus der Kohlensäure Kohlenstoff abschied und aufnahm. — Ein compaktes Stück Eisen, wie z. B. ein Eisendraht, bedarf natürlich einer bedeutend längeren Zeit, um sich mit Kohle zu Roheisen zu sättigen, als das poröse Eisen, welches hinsichtlich seiner Struktur dem Platinschwamm an die Seite zu setzen ist. Wird dabei die Temperatur so weit erhöht, daß das gebildete stahlartige Eisen schmilzt, so nimmt dies in seinem geschmolzenen Zustande den Kohlenstoff aus dem Kohlenoxyd noch langsamer auf. Für diese Ansicht spricht die angeführte Thatsache, daß bei dem Stammer'schen Versuche das geschmolzene Kohlenstoff-Eisen nur 4,05 Proc., das pul-

Hauptbedingung bei der Kohlung des Eisens durch Kohlenoxyd.

Auch Kohlensäure kohlt das Eisen.

verförmige dagegen 77,50 Proc. Kohle enthielt. Letzteres hatte, vermöge seiner beibehaltenen Porosität, während einer Zeit von acht Tagen unausgesetzt seinen Kohlegehalt durch Abscheidung aus dem Kohlenoxyd vermehrt, und würde, bei noch länger fortgesetztem Versuche, wahrscheinlich noch länger fortgefahren haben, denselben zu vermehren.

Schluß-Resultat. Das Verhalten des Kohlenoxydgases zu metallischem Eisen läßt sich hiernach in Kürze folgendermaßen ausdrücken. Das Eisen zerlegt bei höherer Temperatur das Kohlenoxyd und scheidet daraus Kohlenstoff ab, mit welchem es sich verbindet. Die Zeit, welche dazu erforderlich ist, um auf diese Weise Stahl oder Roheisen zu bilden, ist hauptsächlich von dem Grade der Porosität des Eisens abhängig. Daß das auf heißem Wege (aus Holzkohle oder Kohk) erzeugte Kohlenoxyd die Kohlung schneller bewirkt, als das auf nassem Wege bereitete, hat seinen Grund in einer Beimengung anderer kohlender Gase (besonders Kohlenwasserstoff), welche das Kohlenoxyd der ersteren Art stets mehr oder weniger verunreinigen. Stellt man daher Kohlenoxyd aus zuvor stark ausgeglühter und dadurch ihres Wasserstoffgehaltes fast ganz beraubter Kohle dar, so besitzt dies die kohlende Eigenschaft in keinem merklich höheren Grade als das auf nassem Wege erzeugte Kohlenoxyd.

Kohlenwasserstoffgas und Eisen. Kohlenwasserstoffgas und Eisen. Bekanntlich wird das Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas H^2C) theilweise schon durch höhere Temperatur zersetzt. Bischof fand, daß sich beim Durchleiten desselben durch eine weißglühende Porzellanröhre Kohle abscheidet, indem sich zugleich eigenthümliche condensable Zersetzungsprodukte bilden. Nach zehnmaligem Hindurchleiten durch die Röhre war etwa der fünfte Theil des Gases zersetzt worden. Daß glühendes Eisen durch dasselbe gekohlt wird, ist eine ältere Erfahrung. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die Zeit, welche zu einem bestimmten Kohlungsgrade des Eisens erforderlich ist, auch bei diesem Gase, wie bei allen anderen kohlenden Gasarten, von dem Porositätszustande des Eisens abhängig.

Oelbildendes Gas und Eisen. Oelbildendes Gas und Eisen. Aus dieser Gasart wird durch höhere Temperatur die Hälfte ihres Kohlegehaltes mit Leichtigkeit, ein noch größerer Theil desselben durch länger fortgesetzte Erhitzung ausgeschieden. Glühendes Eisen, über welches man ölbildendes Gas leitet, verwandelt sich in Stahl und endlich in Roheisen. Darauf beruht die Anwendung des — an ölbildendem Gase reichen — Leuchtgases zur Stahlbereitung, auf welche sich zuerst Macintosh*) ein Patent ertheilen ließ. Um 2 Zoll breite und $^1/_2$ Zoll starke weiche Eisenstäbe auf diese Weise in Stahl umzuwandeln, werden 18 — 20 Stunden erfordert.

---

*) Dufrénoy in Ann. d. mines, 1834. Erdm. und Schweigg. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 2, S. 333.

Cyan und Eisen.

Cyan und Eisen. Als das Cyankalium — zuerst von Clark*) im Hohofen von Clyde bei Aberdeen in Schottland — unter den Produkten des Eisenhohofen-Processes entdeckt wurde, hielt man es für eine zufällige Bildung, und glaubte nicht, daß das Cyan eine so wichtige Rolle bei jenem Processe spiele, wie sich dies später durch das von Zincken und Bromeis, Redtenbacher, Bunsen, Playfair und Anderen beobachtete Vorkommen des Cyankaliums in vielen anderen Hohöfen als unzweifelhaft herausgestellt hat. Die beiden letztgenannten Beobachter**) fanden, wie bereits in dem von den gasförmigen Brennmaterialien handelnden Abschnitte angeführt (Bd. I., S. 349), in den Ofengasen eines mit Steinkohlen betriebenen Hohofens zu Alfreton nicht allein Cyankalium, sondern auch freies Cyangas. Zugleich ermittelten sie, daß der Ort, an welchem sich diese Körper im Inneren jenes Hohofens bildeten, oder doch vorhanden waren, auf einen Raum zwischen dem Form-Niveau und dem Kohlensack beschränkt sey. Als sie 2½ Fuß über der Form ein Loch in den Ofen bohrten, drang daraus eine stark leuchtende gelbe Flamme hervor, die einen dicken weißen Rauch ausstieß. In einer in diese Oeffnung eingesetzten Röhre condensirte sich binnen kurzer Zeit eine so beträchtliche Menge Cyankalium, daß Bunsen und Playfair hiernach das in jenem Hohofen täglich erzeugte Quantum dieses Salzes zu mehr als 2 Centner schätzten. Bei der Erklärung des Herganges dieser Bildung wurde man an einen älteren von Fownes***) angestellten Versuch erinnert, welcher ergeben hatte, daß ein in einer Porzellanröhre stark glühendes Gemenge von gleichviel kohlensaurem Kali und reiner (stickstofffreier) Zuckerkohle beim Darüberleiten von Stickgas zu einem beträchtlichen Theile in Cyankalium umgewandelt worden war. Bunsen und Playfair wiederholten diesen Versuch (mit 2 Thln. Zuckerkohle und 1 Thl. kohlensaurem Kali) und fanden denselben vollkommen bestätigt†). Hierdurch erscheint es ausgemacht, daß jedenfalls ein Theil des in den Eisenhohöfen gebildeten Cyankaliums unmittelbar durch Einwirkung des Stickstoffs der atmosphärischen Luft auf Kohle und kohlensaures Kali erzeugt wird. Die Bildung eines anderen Theiles dürfte dadurch veranlaßt werden, daß alle Holzkohlen, Steinkohlen, Kohks 2c.

Cyankalium in Eisenhohöfen.

Bunsen und Playfair's Versuche.

*) Pogg. Ann. Bd. 40, S. 315.

**) Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 42, S. 145.

***) Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 26, S. 412.

†) Dieses Verhalten von Kohle und kohlensaurem Kali zu Stickstoff bei höherer Temperatur hat zu einer besonderen Gewinnung des Cyankaliums und Cyaneisenkaliums (Blutlaugensalzes) im Großen Veranlassung gegeben, auf welches Newton in England sich ein Patent ertheilen ließ. Dingl. polyt. Journ. Bd. 95, S. 93. — Rieken (Erdm. Journ. Bd. 54, S. 133) hat gezeigt, daß zum Gelingen dieses Processes Weißglühhitze erfordert wird, was die Ausführung im Großen schwierig macht.

einen kleinen Stickstoffgehalt besitzen. Das zur Erzeugung des Cyankaliums nöthige Kali findet sich zum Theil in den Aschenbestandtheilen jener Brennmaterialien, zum Theil in der Beschickung selbst. Es ist bekannt, daß viele Kalksteine (bei dem Hohofenprocesse als Zuschlag angewendet) kleine Mengen von kohlensaurem Kali enthalten. Bei dem im Hohofen von Alfreton angewendeten Kalkstein war dies, wie sich Bunsen und Playfair überzeugten, ausnahmsweise nicht der Fall; und da auch die Asche der dort gebrauchten Steinkohlen kaum mehr als Spuren (0,07 Proc.) von Kali enthielt, so mußte auf einen Kaligehalt des Eisensteines selbst geschlossen werden. Dieser, ein thoniger Sphärosiderit, enthielt in der That 0,74 Proc. Kali. — Die neuesten Untersuchungen über die Bildung des Cyankaliums in Eisenhohöfen sind von Eck*) angestellt worden. Derselbe beobachtete eine solche Bildung in den Kohkshohöfen der Königshütte in Oberschlesien, und ermittelte zugleich, daß der dort verschmolzene Thoneisenstein 0,110 Proc., der Zuschlagkalkstein 0,177 Proc. und die Steinkohle (aus welcher der zur Verschmelzung dienende Kohk genommen wurde) 0,001 Proc. Kali enthielten. Hieraus ergiebt sich, daß das ganze in einem solchen Ofen täglich durchgesetzte Beschickungs- und Brennmaterial-Quantum etwa 24 Pfd. Kali enthält, woraus sich etwas über 33 Pfd. Cyankalium bilden können. In einem dort zugleich verschmolzenen Brauneisenstein (Muschelkalkformation) war kein Kaligehalt zu entdecken. — Die Beobachtung Berthier's**), daß Holzkohlen (Buchen- und Tannenkohlen), aus dem Gestell zweier Hohöfen genommen, bei ihrer Einäscherung noch einen beträchtlichen Gehalt an kohlensaurem Kali zeigten, scheint mit den zuvor gedachten Thatsachen im Widerspruch zu stehen; doch ist es wahrscheinlich, daß hierbei zufällige Umstände mitwirkten.

Berthier's Beobachtung.

Wöhler's Entdeckung.

Ein fernerer wichtiger Beleg für die Bildung des Cyans in den Eisenhohöfen wird durch die Entdeckung Wöhler's***) gegeben, daß sich bei der Verschmelzung titanhaltiger Eisensteine in Hohöfen eine eigenthümliche Verbindung von Cyantitan und Stickstofftitan bildet, bestehend aus 78,00 Titan, 18,11 Stickstoff und 3,89 Kohlenstoff. Dieser interessante Körper, welcher sich durch kupferrothe Farbe und vollkommnen Metallglanz auszeichnet, und häufig in scharf ausgebildeten Krystallen (Hexaëdern) vorkommt, wurde lange Zeit für metallisches Titan angesehen.

Nachdem es, in Folge der angeführten Thatsachen, als ausgemacht gelten muß, daß das Cyan kein zufälliges Produkt einzelner Hohöfen ist, sondern, theils als Cyankalium, theils auch als reines Cyan, einen in allen Hohöfen

*) Karsten's Arch. Bd. 24, Hft. 1, S. 286.
**) Erdm. u. Schweigg. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 6, S. 234 — 235.
***) Pogg. Ann. Bd. 78, S. 401.

vorhandenen Bestandtheil ausmacht, ist es von Wichtigkeit, das Verhalten desselben zum metallischen Eisen bei höherer Temperatur kennen zu lernen. Schon Gay-Lussac fand, daß Cyangas, über glühendes Eisen geleitet, in Stickstoff und Kohle zerlegt wird, welche letztere sich theils mit dem Eisen verbindet, theils sich auf die Oberfläche desselben absetzt. Nach Duflos*) soll das Eisen hierbei nicht blos Kohle, sondern auch Stickstoff aufnehmen**). — W. Stein***) hat gezeigt, daß Eisendrahtstücke von der Dicke eines Federkiels, nach halbstündigem Darüberleiten von Cyangas in der Rothglühhitze, ungefähr 0,3 Proc. Kohlenstoff aufgenommen hatten. Durch Ablöschen in Wasser wurden sie spröde und zeigten auf dem Bruche einen dunkleren Kern von faserigem Eisen und eine lichtere Schale von feinkörnigem Stahl. Ebenso wurden solche Drahtstücke durch 10 Minuten langes Eintauchen in geschmolzenes Cyankalium verstählt, und dasselbe war der Fall beim Erhitzen in einer Atmosphäre von Cyankaliumdampf.

Kohlung des Eisens durch Cyan.

Kohle und Eisen. Bei der Erklärung der Kohlung des Eisens im Hohofen ist es ferner von Wichtigkeit, daß, wenn geschmolzenes Eisen (oder geschmolzener Stab) mit weißglühender Kohle in Berührung kommt, letztere vom Eisen aufgelöst wird, bis sich dasselbe damit zu Roheisen gesättigt hat. Legt man ein Stück weiches Eisen (Stabeisen) auf die ebene Oberfläche einer als Unterlage dienenden Holzkohle, und erhitzt man beide in einem Kohlentiegel bis zur Weißgluth, so findet man, daß der gebildete Roheisenkönig jene Unterlage, soweit er damit in Berührung war, förmlich ausgehöhlt hat. Auch dürfte es nicht außer Acht zu lassen seyn, daß der Kohlenstoff, wie von Despretz neuerlich nachgewiesen, bei sehr hoher Temperatur flüchtig ist. Wenn auch im Hohofen die Temperatur eine so außerordentliche Höhe nicht erreicht, so finden hier doch Verhältnisse eigenthümlicher Art statt, die eine Verflüchtigung des Kohlenstoffs auch bei einem weniger hohen Hitzgrade ermöglichen können.

Kohle und Eisen.

Die angeführten, auf die Kohlung des Eisens Bezug habenden Daten lassen es nicht zweifelhaft, daß das durch die Ofengase im Inneren des Hohofens reducirte Eisen vielfache Gelegenheit findet, sich mit Kohlenstoff chemisch zu verbinden und dadurch in geschmolzenes Roheisen umgewandelt zu werden. Man sieht ein, daß die Kohlung des Eisens eine nothwendige Folge

*) Brandes Archiv Bd. 22, S. 282.

**) Die Beobachtung Schafhäutl's (Prechtl's Encyklopädie Bd. XV. S. 364), daß fast jedes Roheisen und jeder Stahl eine kleine Menge Stickstoff enthalte, ist durch die neuerlich in dieser Hinsicht angestellten Versuche Marchand's (Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 49, S. 351, sowie Hartmann's Fortschritte der Eisenhüttenk. S. 254) nicht bestätigt worden.

***) Polytechn. Centralbl. 1851, Nro. 15. Berg- und Hüttenm. Zeitg. Bd. 10, S. 673.

der Verschmelzung der Eisenerze mit dem kohlereichen Brennmaterial ist, und daß die Kunst hierbei hauptsächlich nur darin besteht, das Eisen eine bestimmte, und zwar besonders nicht zu kleine Menge Kohlenstoff aufnehmen zu lassen. Die charakteristische Verwandtschaft des Eisens zur Kohle ist es, durch welche es allein möglich wird, Eisen im großen Maßstabe zu gewinnen und in beträchtlichen Massen zu schmelzen.

c) Schlackenbildung.

Da alle Eisenerze mehr oder weniger mit Gebirgsarten gemengt vorkommen, so ist das Zusammenschmelzen der letzteren zu einer verglasten Verbindung ebenfalls kein künstlich vorbereiteter, sondern, wie die Kohlung des Eisens, ein sich aus den Umständen ergebender Proceß. Derselbe bedarf aber von Seiten des Metallurgen der sorgfältigsten Beaufsichtigung und Regulirung. Nach dem, was bereits im ersten Bande dieses Werkes (S. 31—41) über Schlacken und deren Bildung im Allgemeinen gesagt wurde, genügt es vor der Hand, hierüber Folgendes hinzuzufügen.

Rolle der Schlacke beim Eisenhohofen-Processe.

Um die Rolle, welche die Schlacke bei dem Eisenhohofenprocesse spielt, genügend zu verstehen, müssen wir nochmals auf die Reduktion der Eisenerze und auf die Kohlung des daraus reducirten Eisens zurückblicken. Denken wir uns eine Eisenhohofen-Beschickung (ein Gemenge von Eisenerz und Zuschlag), welche, in abwechselnden Lagen mit Brennmaterial geschichtet, allmälig von dem oberen, kälteren Theile des Schachtraumes in den unteren, stark erhitzten Theil desselben niederrückt. Wir haben in einer solchen Beschickung drei verschiedene Materien zu unterscheiden: 1) das reine Eisenerz, 2) die demselben beigemengte (mit ihm verwachsene) Gebirgs- oder Gangart, und 3) den zur Beförderung einer guten Schlackenbildung zugesetzten Zuschlag (Bd. I, S. 31). Beide Arten der dem Erze beigemengten Stoffe bilden zusammen das Schlacken-Material, aus welchem durch Schmelzung die Schlacke hervorgeht. Die Reduktion des Eisenerzes geschieht bei einer Temperatur, in der noch keine Schlackenbildung eintritt, oder doch wenigstens nicht eintreten darf. Eine sehr fehlerhafte Beschickung würde es seyn, deren Schlackenmaterial eine solche Leichtflüssigkeit besäße, daß sich die Schlacke zum Theil schon vor beendeter Erz-Reduktion bildete. Als unvermeidliche Folge davon würde derjenige Theil des Erzes, der bis dahin nur zu Oxyd-Oxydul oder Oxydul reducirt worden wäre, der Verschlackung preisgegeben werden. Aber auch nach der vollständigen Reduktion des Erzes darf die Schlackenbildung noch nicht sogleich eintreten. Das poröse metallische Eisen, in der Gestalt, wie es die reducirenden Gasarten aus dem Erze reducirt haben, bedarf einer länger fortgesetzten Einwirkung dieser Gase, um einen gewissen Grad der Kohlung zu erreichen, durch welchen es zu einem hinreichend leichtschmelzbaren Kohleeisen wird. Ginge die Schlackenbildung be-

reits vor sich, ehe dieser Grad der Kohlung erreicht wäre, so würde die Schlacke das Eisen mehr oder weniger umhüllen, und dadurch sein Fortschreiten in der Kohlung behindern. Ein Theil derselben würde sogar in den Heerd des Ofens gelangen, ohne einen der Hauptzwecke der Schlacke erfüllt zu haben, nämlich: das geschmolzene Eisen auf seinem Wege vom Schmelzraum zum Heerde zu begleiten, und auf diese Weise gegen die oxydirende Einwirkung des Gebläsestromes in der Verbrennungs-Zone (wovon später) zu schützen. Dieser Zweck kann nur erreicht werden, wenn die Schmelzung des gekohlten Eisens und die Schlackenbildung möglichst zu gleicher Zeit vor sich gehen.

Qualität der Schlacke in Bezug auf Schmelzbarkeit.

Die soeben gestellte Forderung bedingt eine gewisse Qualität der Schlacke, oder richtiger des Schlacken-Materials. Es muß die Schlacke einen gewissen Grad der Schmelzbarkeit besitzen. Hieraus, sollte man meinen, müsse folgen, daß es eine Schlacke von bestimmter Zusammensetzung oder doch von bestimmter Schmelzbarkeit geben müsse, welche für alle Eisenhohöfen — gleichviel, welche Art der Eisenerze mit irgend einem Brennmaterial darin verschmolzen werden — die zweckmäßigste sey. Dies ist jedoch nur insoweit richtig, als es ausgemacht ist, daß eine Bisilicat-Schlacke — etwa bestehend aus 1 Atom Thonerde- und 1 Atom Kalkerde-Bisilicat — allerdings in vielen Fällen dem gedachten Zwecke vollkommen entspricht. In anderen Fällen aber wird, trotz der Wahrheit des Satzes hinsichtlich der nothwendigen Gleichzeitigkeit der Eisenschmelzung und Schlackenbildung, theils eine leichtflüssigere, theils eine strengflüssigere Schlacke erfordert. Wir wissen bereits, daß es schwer reducirbare und leicht reducirbare Eisenerze giebt (Bd. I, S. 588). Die Reduktion der ersteren wird später, und daher erst in einem tiefer gelegenen und heißeren Theile des Ofenschachtes beendet seyn, als die der letzteren. Dasselbe gilt von der Beendung der Kohlung, soweit dieselbe der Schmelzung vorangeht. Folglich erfordern die schwer reducirbaren Erze eine strengflüssigere Schlacke als die leicht reducirbaren.

Nicht immer ist es der Zweck des Eisenhohofen-Processes, ein mit Kohlenstoff gesättigtes oder übersättigtes, sich bei der Erkaltung als graues Roheisen darstellendes Product zu gewinnen, sondern in manchen Fällen zieht man es vor, ein — mehr oder weniger kohlearmes — weißes Roheisen zu erblasen. Als eine der Bedingungen hierzu wird im Allgemeinen eine niedrigere Temperatur im Ofenschachte als beim grauen Roheisen, sowie auch ein geringerer Grad der Kohlung des reducirten Eisens erfordert. Nach den zuvor aufgestellten Grundsätzen ergiebt es sich daher auch, daß im Allgemeinen zur Gewinnung von grauem Roheisen eine strengflüssigere Schlacke als zur Gewinnung von weißem erfordert wird.

Qualität der Schlacke, in Bezug auf chem Wirkung.

Die Qualität der Schlacke ist nicht bloß hinsichtlich ihrer physischen Beschaffenheit (Schmelzbarkeit), sondern auch hinsichtlich ihrer chemischen Wirkung von Einfluß auf das Ausbringen des Roheisens. Eine zu acide (kieselerdereiche) Schlacke würde geneigt seyn, Eisenoxydul aufzulösen und dadurch Eisenverlust zu bewirken, während dagegen eine bis zu einem gewissen Grade kalkreiche Schlacke oder vielmehr ein kalkreiches Schlackenmaterial eine vortheilhafte Einwirkung auf den Schmelzproceß zeigt, von welcher später die Rede seyn wird. Von selbst versteht es sich, daß in der Schlacke wo möglich keine schädlichen Nebenbestandtheile, als ursprünglich darin vorhanden, auftreten dürfen, welche, wie z. B. Schwefel und Phosphor, von nachtheiligem Einflusse auf die Güte des ausgebrachten Roheisens sind (Bd. I., S. 579).

Einer der wichtigsten Zwecke der Schlacke ist der Schutz, welchen sie, als Umhüllungsmittel, dem aus dem Schmelzraume niederträufelnden und sich im Heerde ansammelnden Roheisen gegen die unmittelbare Einwirkung des oxydirenden Gebläsestromes gewährt. Es folgt hieraus, daß, zur Erreichung eines hinreichenden Schutzes dieser Art, nicht bloß — in Bezug auf die Schmelzbarkeit — eine gewisse Qualität, sondern auch eine bestimmte Quantität der Schlacke erforderlich ist. Die Erfüllung dieser Anforderung verursacht in der Regel keine Schwierigkeit, da bei dem Verschmelzen einer Beschickung von 25 — 55 Proc. Eisengehalt — zwischen welchen Grenzen fast alle Eisenerz-Beschickungen fallen — eine Schlackenmenge gebildet wird, welche die Erzeugung eines guten Roheisens nicht verhindert.

Quantität der Schlacke.

2) Allgemeiner chemischer Hergang im Innern eines Hohofens.

In unserer Betrachtung der drei wichtigsten Vorgänge beim Eisenhohofen-Processe — Reduktion der Erze, Kohlung des reducirten Eisens und Schlackenbildung — haben wir größtentheils nur allgemeine chemische Verhältnisse berücksichtigt. Es wird sich jetzt darum handeln, die dadurch erlangte Einsicht zu specialisiren, indem wir namentlich auf die Modifikationen Rücksicht nehmen, welche unsere Theorie durch die besondere Construktion der Hohöfen und die daraus hervorgehenden Wirkungen erleidet.

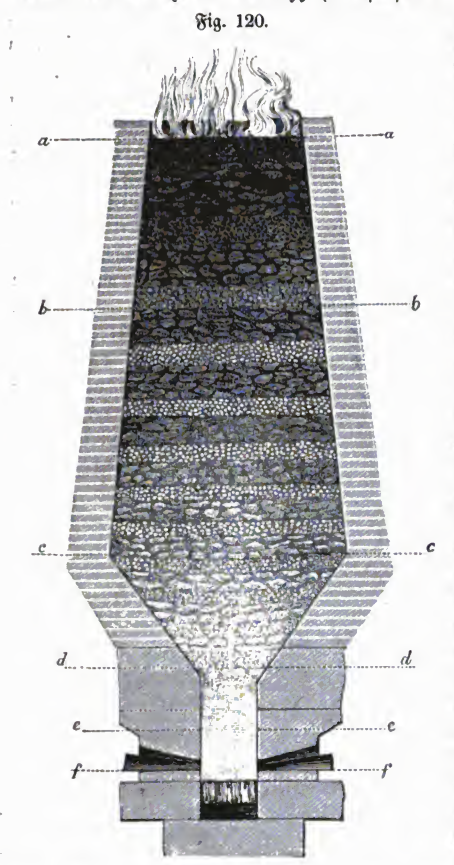
Die äußere und innere Einrichtung eines Eisenhohofens, soweit deren Kenntniß für unseren Zweck erfordert wird, ist schon früher (Bd. I., S. 78) beschrieben worden. In nebenstehender Figur 120 erblickt man das Innere eines mit Brennmaterial und Beschickung gefüllten Hohofens im senkrechten Durchschnitte*). Die schmaleren Schichten stellen die Beschickung, die brei-

*) Die Richtigkeit des Maßstabes (in Bezug auf die im Ofenschachte befind-

teren das Brennmaterial vor. Die ganze Beschickungs- und Brennmaterial-Säule, von dem Heerd-Niveau *ff* (Oberfläche der flüssigen Schlacke) bis zum Gicht-Niveau *aa*, läßt sich, in Bezug auf die verschiedenen chemischen Processe, welche in verschiedenen Höhen derselben stattfinden, in fünf Zonen eintheilen; nämlich in 1) die Vorwärm-Zone *ab*, 2) die Reduktions-Zone *bc*, 3) die Kohlungs-Zone *cd*, 4) die Schmelz-Zone *de*, und 5) die Oxydations- oder Verbrennungs-Zone *ef*. Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die Grenzen dieser Zonen in verschiedenen Hohöfen keinesweges eine ganz gleiche Lage haben, sondern daß dieselben durch mancherlei Umstände sowohl höher als niedriger gerückt werden, wie auch abweichend von einander gestaltet seyn können. Unter den hierbei wirksamen Umständen sind vorzüglich von Einfluß: Construktion des Hohofens; Temperatur, Menge und Pressung der Gebläseluft; Beschaffenheit (und relative Menge) des Brennmaterials, der Erze und Zuschläge. Bei unserem gegenwärtigen Zweck kommt es jedoch weniger auf die absolute Lage und Aus-

Die fünf Zonen in einem Hohofen.

Fig. 120.



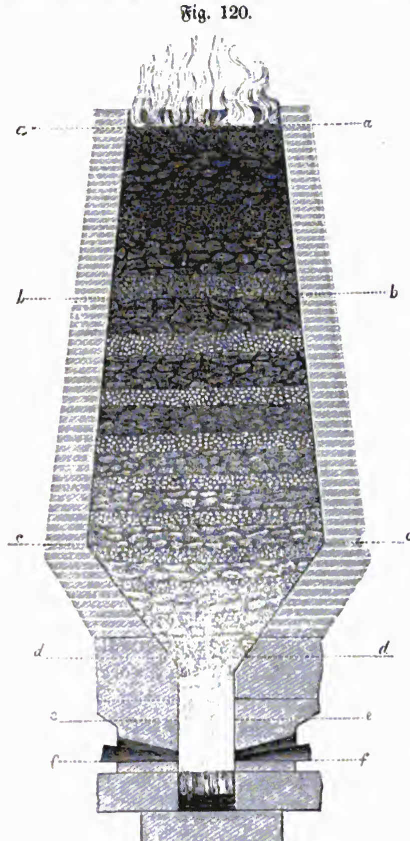
lichen abwechselnden Erz- und Brennmaterial-Schichten) wurde bei dieser Zeichnung weniger beachtet, als die Deutlichkeit der Verhältnisse.

dehnung dieser Zonen an, als vielmehr auf die relative Aufeinanderfolge derselben.

Vorwärm-Zone.

Mit dem Namen **Vorwärm-Zone** *ab* bezeichnen wir denjenigen Theil des Schachtraumes, in welchem, wegen der nicht hinreichend hohen Temperatur, noch keine Reduktion des Erzes begonnen hat. Hier wird die hygroskopische Feuchtigkeit aus Beschickung und Brennmaterial, sowie das vielleicht im Erze — wenn dasselbe keiner vorhergehenden Röstung unterworfen wurde — vorhandene chemisch gebundene Wasser ausgetrieben. Letzteres erfordert bei manchen Brauneisensteinen eine Temperatur von 300° C. und darüber. Innerhalb der Vorwärm-Zone gelangt das Erz kaum zum schwachen Glühen. Die ungefähre Zusammensetzung der Ofengase in diesem Raume ersieht man aus den (Bd. I., S. 345) mitgetheilten Analysen. Natürlich ist dieselbe in verschiedenen Hohöfen kaum annähernd gleich, da hierbei dieselben Umstände von Einfluß sind, welche soeben als bedingend für die Lage der verschiedenen Zonengrenzen angegeben wurden.

Fig. 120.



Reduktions-Zone.

Die **Reduktions-Zone** *bc* hat die beträchtlichste Ausdehnung. Sie beginnt da, wo das Eisenoxyd des Erzes sich in Eisenoxydul umzuwandeln anfängt, und endet, wo das ganze Erz in metallisches Eisen um-

gewandelt ist. Wie schon oben erwähnt, wird das Eisenoxyd durch Einwirkung der reducirenden Gase zuerst zu Oxyd-Oxydul, in welchem sich der Oxydgehalt allmälig vermindert. Ob hierbei die, der Reduktion zu metallischem Eisen vorhergehende Desoxydation bis zu reinem Oxydul, oder nur bis zu einem dem Hammerschlag ähnlichen Oxyd-Oxydul ($\dot{Fe}^6 \ddot{Fe}$) stattfindet, darüber sind die Metallurgen verschiedener Meinung. Versuche von Ebelmen, die sogleich angeführt werden sollen, scheinen jedoch zu beweisen, daß die erstere Ansicht die richtigere sey. — Man kann die Reduktions-Zone in zwei Unterabtheilungen sondern; nämlich in eine obere, woselbst noch kein metallisches Eisen erzeugt wird, und in eine untere, wo die Bildung desselben beginnt. Hier werden die einzelnen Erzstücke von ihrer Oberfläche aus allmälig zu einer porösen Eisenmasse, welche ganz die äußere Gestalt der Erzstücke behält. Die Kohlung des gebildeten Eisens scheint anfangs nur in geringem Grade vor sich zu gehen, und erst rascher fortzuschreiten, wenn das Eisen in die Nähe des Kohlensacks gelangt. So lange die Erzstücke noch einen Kern von Oxyd-Oxydul oder Oxydul enthalten, entwickeln sich aus ihren Poren — durch Einwirkung der reducirenden Gasarten auf diesen Kern — Kohlensäure und Wasserdampf, was jedenfalls die Kohlung der metallischen Rinde nicht begünstigt. Ebelmen*) untersuchte Erzstücke, welche er mittelst einer besonderen Vorrichtung aus dem Kohlensack zweier Hohöfen genommen hatte. In beiden Oefen wurden Bohnerze aus der Juraformation verschmolzen; in dem Hohofen von Laissey in Stücken von Nußgröße, in dem von La Chapelle Saint-Quillain in etwa erbsengroßen Körnern. Die Erze hatten nach Ebelmen's Analyse im rohen Zustande folgende Zusammensetzung:

	Erz von Laissey.	Erz von La Chapelle.
Eisenoxyd	36,2	59,6
Wasser	10,0	15,0
Thonerdesilicat	16,6	25,4
Kohlensaurer Kalk	36,8	—
	99,6	100,0

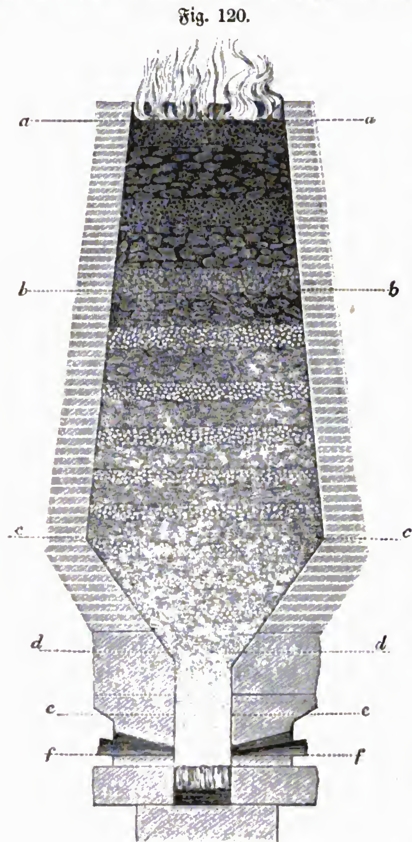
Wenn auch diese Zusammensetzung bei Erzen, welche aus einem Gemenge verschiedener Mineralien (Brauneisenstein, Thon und Kalkstein) bestehen, als keine constante betrachtet werden kann, so giebt sie doch ein ungefähres Anhalten zur Beurtheilung der Veränderungen, welche die Erze durch die Reduktion erlitten haben. Nachdem dieselben bis in die Gegend des Kohlensacks niedergegangen und wieder aus dem Ofen genommen worden waren, bestanden sie aus:

*) Ann. d. mines 3 sér. T. 16, p. 582.

	Erz von Laissey.	Erz von La Chapelle.
Eisenoxydul	30,2	35,0
Metallisches Eisen	10,0	26,7
Thonerdesilicat	22,0	37,5
Kaustischer Kalk	37,4	—
	99,6	99,2

Das an der Oberfläche der Erzstücke befindliche metallische Eisen zeigte sich vollkommen geschmeidig; beim Erze von Laissey schien es durchaus frei von Kohle zu seyn, während es beim Erze von La Chapelle einen geringen Kohlegehalt (etwa wie Stabeisen) besaß. Wir haben hier zugleich ein Beispiel des verschiedenen Grades, bis zu welchem die Reduktion in den gleichen Zonen verschiedener Hohöfen vorgeschritten seyn kann. Im vorliegenden Falle haben hierbei, außer anderen localen Verhältnissen, die verschiedenartige physische und chemische Beschaffenheit der Erze eine Rolle gespielt. Das Erz von Laissey wurde in größeren Stücken angewendet, als das von La Chapelle, bot also den reducirenden Gasen eine verhältnißmäßig kleinere Oberfläche dar; überdies war es weniger reich an Eisenoxyd als letzteres, mußte also auch durch die größere relative Menge seiner fremden Bei-

Fig. 120.



mengungen der Einwirkung jener Gase größere Schwierigkeiten entgegensetzen. — Der in dem Erz von Laissey vorhandene kohlensaure Kalk war in den aus dem Kohlensack entnommenen Erzstücken vollkommen kausticirt; einige Fuß über dem Kohlensacke hatte derselbe angefangen, wie sich Ebelmen überzeugte, seine Kohlensäure zu entwickeln. In manchen anderen Hohöfen dürfte das Entweichen der Kohlensäure aus dem Kalksteine schon früher, d. h. in einem höher liegenden Theile der Reduktionszone seinen Anfang nehmen. — Die im Kohlensack herrschende Temperatur läßt sich bei den meisten Hohöfen auf ungefähr 1000° — 1200° C. abschätzen. Ebelmen fand, daß in dem Kohkshohofen von Pont l'Evêque Kupfer zum Schmelzen gebracht werden konnte. In dem Holzkohlenhohofen von Audincourt war die Temperatur nicht so hoch.

Kohlungszone.

Verfolgen wir jetzt das Niedergehen der Beschickung durch die sich von der Kohlensack-Gegend bis in die Nähe des unteren Rast-Endes erstreckende Kohlungszone *cd*. Die Benennung dieser Zone ist nicht ganz richtig, da die Kohlung des Eisens einestheils, wie wir gesehen haben, bereits etwas oberhalb des Kohlensackes beginnen kann und anderentheils noch unterhalb dieser Zone fortgesetzt wird. Wir müssen dieselbe daher, um ihre Grenzen nicht zu weit auszudehnen, so definiren, daß wir darunter denjenigen Raum im Ofenschachte verstehen, in welchem kein oxydirtes Eisen mehr vorhanden ist und die Kohlung ohne Schmelzung vor sich geht. Innerhalb dieses Raumes befindet sich, wie schon früher gezeigt wurde, nicht blos Kohlenoxyd als kohlende Gasart, sondern es treten noch dampfförmiges Cyankalium und — wenigstens in manchen Fällen — freies Cyangas hinzu. Dieselben wirken bei einer von 1000° — 1200° C. (Kohlensack) bis auf ungefähr 1600° C. (Gegend des unteren Rast-Endes), d. h. bis auf den Schmelzpunkt des gekohlten Eisens steigenden Temperatur auf das aus dem porösen Zustande allmälig in den zusammengesinterten übergehende Eisen ein, welches dadurch zu einer stahlartigen Masse wird. Diese Stahlbildung im Rastraume hat man zuweilen Gelegenheit zu beobachten, wenn, gegen das Ende einer Hohofen-Campagne, das Gestell sehr ausgeblasen (durch Ausschmelzung erweitert) ist, so daß einzelne reducirte Erzstücke aus dem Rastraume sehr schnell, und daher ungeschmolzen, in den Heerd gelangen. Unter solchen Umständen fand Lossen*), daß dichte Rotheisensteinstücke, mit gänzlicher Beibehaltung ihrer äußeren Gestalt, zu einer stahlartigen Masse umgewandelt worden waren.

Schmelzzone.

Sobald das mehr oder weniger zusammengesinterte stahlartige Eisen aus dem Kohlungsraum in die Schmelzzone *de* gelangt, beginnt es, da hier eine Temperatur von 1600° — 1700° C. und darüber herrscht, zu

*) Wöhler u. v. Liebig's Ann. Bd. 47, S. 150.

schmelzen und fließt, begleitet von der jetzt ebenfalls flüssig gewordenen Schlacke, nach dem Heerde. Auf diesem Wege muß es einen fast ganz mit weißglühenden Kohlen angefüllten Raum passiren und findet daher Gelegenheit, in der Berührung mit denselben und unter fortgesetzter Einwirkung der kohlenden Gasarten, sich mit Kohlenstoff zu Roheisen zu sättigen. Unter den hierzu günstigsten Verhältnissen, zu denen besonders eine hohe Temperatur gehört, tritt eine Uebersättigung an Kohlenstoff ein, welche bei der Erstarrung des Roheisens eine Ausscheidung von Graphit zur Folge hat. Andere Umstände, welche die Bildung des grauen Roheisens begünstigen, werden wir später kennen lernen.

Ort der Cyankalium-Bildung.

Im unteren Theile der Schmelzzone und im oberen der nächst darunter liegenden Zone dürfte der Ort seyn, wo die Cyankalium-Bildung hauptsächlich vor sich geht. Der Hitzgrad ist hier so groß, daß aus den in der Beschickung vorhandenen kalihaltigen Substanzen Kalium reducirt wird, welches, indem es in Dampfform mit weißglühender Kohle und dem Stickstoff der Luft in Berührung tritt, dampfförmiges Cyankalium und andere Cyanprodukte erzeugt. Nicht in allen Hohöfen aber scheint der Ort, wo sich das Cyankalium bildet oder doch vorhanden ist, von gleicher Ausdehnung zu seyn. Im Gegensatze zu Bunsen und Playfair's Beobachtungen, nach denen sich derselbe innerhalb eines Raumes zwischen Form und Kohlensack befindet, berichten Redtenbacher und Löwe*), daß das Cyankalium, welches sich in einem mit Holzkohlen und (350° C.) erhitzter Gebläseluft betriebenen Hohofen (Blauofen) von Mariazell in Steyermark in großer Menge erzeugt, auch »in den Röhren, durch welche die Gase auf der Gicht streichen«, gefunden wird. Es geht hieraus hervor, daß das Cyankalium in diesem Hohofen auch oberhalb des Kohlensacks, und zwar bis zu einem beträchtlichen Abstande von demselben, wenn auch nicht gebildet wurde, doch jedenfalls vorhanden war. Für dies unter gewissen Umständen stattfindende höhere Hinaufreichen der Cyanzone in einem Hohofen scheint auch folgende Mittheilung von J. Müller**) zu sprechen. Derselbe beobachtete, daß »wenn man, kaltblasend, plötzlich die Temperatur des Windes auf 250° bis 300° C. bringt, ohne durch früheres Aufgeben größerer Erzsätze dem durch warmen Wind entstehenden großen Gargange entgegengearbeitet zu haben, ein heftiges Qualmen des Tümpels und der Gicht erfolgt und die Flamme der letzteren durch das Aufsteigen eines dichten weißen Rauches ganz milchig erscheint«. Dieser weiße Rauch legte sich an kalte Körper in Gestalt eines weißen Pulvers, in welchem keine anderen Bestandtheile zu entdecken waren,

*) Wöhler u. v. Liebig's Ann. Bd. 47, S. 150.
**) Brgwrksfrnd. Bd. 5, S. 285.

als Kali und Kohlensäure. Nicht unwahrscheinlich ist dieses Salz, wenigstens zum Theil, aus Cyankalium entstanden.

Zersetzung des Cyankaliums.

Die Ursache, durch welche das im Obergestell gebildete und von hier aus in Dampfform aufwärts geführte Cyankalium in höher liegenden Theilen des Ofenschachtes wieder verschwindet, ist nicht schwer zu finden. Das Cyankalium besitzt eine so starke kohlende und reducirende Wirkung und findet auf seinem aufwärts gehenden Wege, indem es hier sowohl mit metallischem als oxydirtem Eisen in Berührung kommt, so vielfache Gelegenheit, diese Wirkung auszuüben, daß seine ohnehin nicht beträchtliche Quantität sich bald vermindert. Es ist ferner möglich, daß in der Reduktionszone ein Theil des Cyankaliums auch durch die hier zunehmende Kohlensäure zersetzt wird, indem sich Cyankaliumdampf und Kohlensäure zu Stickstoff, Kohlenoxyd und kohlensaurem Kali zerlegen. In dieselben Zersetzungsprodukte wird das zur Reduktion des oxydirten und zur Kohlung des metallischen Eisens verwendete Cyankalium umgewandelt, so daß in größerer oder geringerer Höhe über dem Kohlensack in der Regel kein Cyankalium mehr vorhanden ist. Das an dessen Stelle gebildete kohlensaure Kali sublimirt sich großentheils innerhalb der oberen Beschickungs-Schichten und wird bei deren Niedergange in die Schmelzzone geführt, wo es sich theils verschlackt, theils aber auch zur Erzeugung neuer Quantitäten von Cyankalium dient.

Verbrennungs-Zone.

Die Oxydations- oder Verbrennungszone, *ef*, ist im Vergleich zu den übrigen Zonen nur von sehr geringem Umfange. Welche Bewandtniß es hiermit hat, ergiebt sich aus dem Folgenden. Die aus der Düse in den Ofen strömende gepreßte atmosphärische Luft trifft überall auf Kohlen, welche sich in stärkster Weißgluth befinden, und verbrennt mit denselben augenblicklich zu einem Gemenge von Kohlensäure und Stickstoff. Dieses Gasgemenge besitzt im Momente seiner Entstehung eine außerordentlich hohe Temperatur, welche wir, zufolge einer schon früher (Bd. I., S. 479) angestellten Berechnung, zu mehr als 2500° C. abschätzen können. Indem dasselbe aber durch den mit Kohlen gefüllten oberen Gestellraum emporsteigt, verwandelt sich die Kohlensäure sehr bald in Kohlenoxyd, so daß bereits in geringer Höhe über der Form keine Kohlensäure mehr, oder doch nur eine kleine Menge derselben vorhanden ist. Diese Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd hat, wie ebenfalls schon im vorigen Bande (S. 387) gezeigt wurde, eine bedeutende Temperatur-Erniedrigung zur Folge. Es steht nämlich fest, daß die Temperatur, welche bei der direkten Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxyd entsteht, genau dieselbe seyn muß, wie diejenige, welche ein Kohlenoxydgas besitzt, das durch Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure und durch darauf folgende Kohleaufnahme dieser Kohlensäure entstanden ist. Und zwar muß dies ebensogut für eine Verbrennung in Sauerstoff wie in atmosphärischer Luft gelten. In letzterem Falle wird das Gasgemenge von

Hohe Temperatur in der Verbrennungs-Zone.

Temperatur-Erniedrigung durch Kohlenoxyd-Bildung.

Kohlenoxyd und Stickstoff ganz dieselbe Temperatur besitzen, auf welchem jener beiden angegebenen Wege es auch gebildet seyn mag. Um also zu finden, bis zu welchem Grade sich die Temperatur in einem Hohofen durch Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxydgas vermindert, brauchen wir nur zu berechnen, welche Temperatur durch Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxyd in atmosphärischer Luft erzeugt wird. Eine früher entwickelte Formel giebt uns diese Temperatur bereits an (Bd. I., S. 387):

$$P = \frac{2480}{2^1/_3 \,.\, 0{,}288 + 3^1/_3 \,.\, 1^1/_3 \,.\, 0{,}275} = 1310^0 \text{ C.}$$

In diesem Ausdrucke sind aber, hinsichtlich unseres vorliegenden Falles, nicht berücksichtigt worden: 1) die Temperatur, welche die im Gestell eines Hohofens verbrennende Kohle schon vor ihrer Verbrennung besitzt, 2) der Aschengehalt dieser Kohle, und 3) die Temperatur der Gebläseluft.

In Betreff des ersten Punktes wissen wir, daß das in der Verbrennungszone herrschende Temperaturmaximum 2650° C. beträgt (Bd. I., S. 479), und daß die hier verbrennende Kohle denselben Hitzgrad besitzt. Kohle von 2650° C. verbrennt an dem heißesten Orte dieser Zone zu 2650° C. heißer Kohlensäure (loc. cit.), und letztere nimmt bei ihrem Aufwärtssteigen an der Grenze der Schmelzzone so viel Kohlenstoff auf, daß sie sich dadurch in Kohlenoxyd umwandelt. Diese zweite Portion Kohlenstoff — welche, wie die Zusammensetzung der Kohlensäure und des Kohlenoxydgases lehrt, genau eben so viel beträgt, wie jene zu Kohlensäure verbrannte Kohle — hat eine Temperatur t, die jedenfalls niedriger als 2650° C. ist. Die mittlere Temperatur der im Ganzen consumirten Kohle, von der wir ein direktes Verbrennen zu Kohlenoxyd annehmen, ergiebt sich daher $= \frac{2650 + t}{2}$.

Den Aschengehalt der Holzkohle können wir — in Betracht der Verbrennung, welcher die Kohlen während ihres Niederganges bis zur Schmelz- und Oxydationszone ausgesetzt waren — zu 5 Proc. veranschlagen. Indem wir daher 1 Gwthl. Holzkohle als aus a Kohlenstoff und b Asche zusammengesetzt betrachten, wird $a = 0{,}95$ und $b = 0{,}05$.

Die Temperatur der Gebläseluft möge $= 15^0$ C. in Rechnung gebracht werden.

Unter Berücksichtigung dieser Daten werden wir zu folgendem Ausdrucke geführt, welcher die an der Grenze der Verbrennungszone durch Kohlenoxydbildung hervorgebrachte Temperatur T ausdrückt:

$$T = \frac{2480 + \frac{2650 + t}{2}(a + b).0{,}2415 + 15(1^1/_3 a.0{,}236 + 4^4/_9 a.0{,}275)}{2^1/_3 a.0{,}288 + b.0{,}2 + 3^1/_3 \,.\, 1^1/_3 a.0{,}275}$$

$$= \frac{2480 + (0{,}1208 \,.\, t + 320)\,(a + b) + 23{,}06 \,.\, a}{1{,}895 \,.\, a + 0{,}2 \,.\, b}$$

$$= \frac{2822 + 0{,}1208 \,.\, t}{1{,}81}.$$

Bei der Umwandlung der Kohlensäure in T^0 heißes Kohlenoxyd wird t^0 heiße Kohle von ersterer aufgenommen. Es befinden sich aber Kohlenoxyd von T^0 und Kohle von t^0 in fortwährender Berührung oberhalb der Verbrennungszone, wodurch sich zwischen beiden ein Temperatur-Gleichgewicht herstellen muß, welches es erlaubt, daß wir ohne erheblichen Fehler $t = T$ setzen können. Folglich

$$T = \frac{2822 + 0{,}1208 \,.\, T}{1{,}81}$$

$$T = \frac{2822}{1{,}81 - 0{,}1208} = 1670^0 \text{ C.}$$

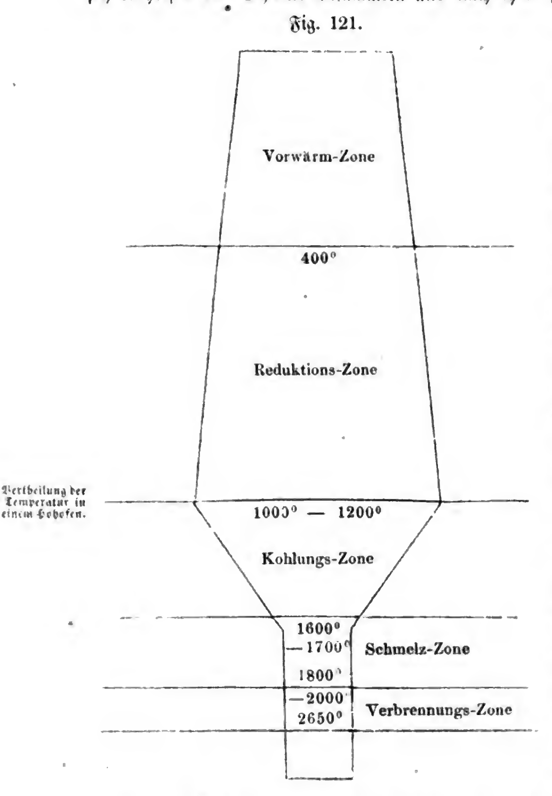
Während sich also das Temperatur-Maximum in der Verbrennungszone auf 2650° C. beläuft, beträgt der Hitzgrad an der nicht weit davon entfernten Grenze gegen die Schmelzzone nur noch 1670° C. Es hat also innerhalb einer sehr kurzen Zeit- und Raum-Distanz eine Temperatur-Erniedrigung von ungefähr dem Schmelzpunkte des Platins bis zu dem des Roheisens (Bd. I., S. 378) stattgefunden. Diese bedeutende Temperatur-Differenz von fast 1000° C. tritt natürlich nicht so schroff und plötzlich ein, daß wir uns durch das Gestell eines Hohofens eine Ebene gelegt denken können, unmittelbar über welcher ein Hitzgrad von 1670° C. und unmittelbar unter welcher ein Hitzgrad von 2650° C. herrscht. Theils durch Mengung von Gasströmen verschiedener — zwischen den Grenzen 2650° und 1670° liegenden — Temperaturen, theils durch Wärmestrahlung aus der Verbrennungszone in die Schmelzzone wird ein stufenweiser Uebergang vermittelt, der aber immer noch schroff genug bleibt, selbst wenn wir uns jene Temperatur-Differenz von nahe 1000° C. zwischen dem heißesten Orte der Verbrennungszone und der oberen Grenze der Schmelzzone gleichmäßig vertheilt denken. Unter solcher Voraussetzung können wir die Grenze zwischen Verbrennungs- und Schmelzzone da annehmen, wo eine Temperatur von 1800° — 2000° C. herrscht.

Die Oxydations- oder Verbrennungszone ist also nicht bloß durch die in ihr vorhandene größere Kohlensäuremenge, sondern auch durch eine der letzteren entsprechende hohe Temperatur von 2000° — 2650° C. charakterisirt. Dem ersteren Umstande verdankt sie ihren Namen: Oxydationszone; Verbrennungszone heißt sie wegen der hauptsächlich in ihr vorgehenden Verbrennung des Brennmaterials. Ein erhitztes kohlensäurereiches Gasgemenge wirkt oxydirend auf geschmolzenes Roheisen, indem die Kohlensäure ($\ddot{C}$)

durch die Hälfte ihres Sauerstoffs den Kohlenstoff des letzteren zu Kohlenoxyd (Ċ) verbrennt und dabei selbst zu Kohlenoxyd wird. Eine solche Entkohlung zu bewirken, liegt hier aber natürlich nicht im Zwecke des Processes; es ist vielmehr nur eine sich unvermeidlich aus den Umständen ergebende Folge, welche ihre Schädlichkeit verliert, wenn das niedertropfende Roheisen gegen eine solche Einwirkung durch die Schlacke möglichst geschützt wird.

Heerd-Raum. Unmittelbar unter der Verbrennungszone befindet sich der Heerd, in welchem sich Roheisen und Schlacke ansammeln und nach ihrer specifischen Schwere in zwei Schichten sondern. Beide gelangen in diesen Ansammlungsraum in einem über 2000° C. erhitzten Zustande. Der Schmelzpunkt des Roheisens liegt ungefähr bei 1600° C. Die bedeutende Ueberhitzung, in welcher sich das Roheisen befindet, erhält dasselbe lange Zeit flüssig und macht es möglich, große Quantitäten davon im Heerde anzusammeln.

Fig. 121.



Vertheilung der Temperatur in einem Hohofen. Fig. 121 giebt uns einen Ueberblick der an den Grenzen der verschiedenen Ofenzonen herrschenden Temperaturen. Wenn uns die Theorie hierbei auch nur zu Resultaten von annähernder Richtigkeit geführt hat, so ist ein solches Bild gleichwohl von Nutzen, da es zur Erklärung mancher sonst leicht mißverstandener Verhältnisse beiträgt. — Einer der erheblichsten Fehler, den wir uns bei der Berechnung der Temperaturen der Verbrennungs- und der

Schmelzzone zu Schulden kommen ließen, dürfte darin bestehen, daß wir die Wärme-Capacitäten der betreffenden Stoffe so annehmen mußten, wie sie der gewöhnlichen Temperatur entsprechen, weil die zwischen Wärme-Capacität und Temperatur stattfindenden gesetzlichen Beziehungen bis jetzt nicht näher ermittelt sind. Als ausgemacht kann man es betrachten, daß die Wärme-Capacitäten mit der Temperatur wachsen.

3) Von der Rolle, welche Silicium, Phosphor, Schwefel und einige andere Stoffe beim Hohofenprocesse spielen.

Wir haben bei der vorhergehenden Betrachtung des Eisenhohofen-Processes der Einfachheit wegen angenommen, daß bei demselben hauptsächlich nur Eisenerz (Eisenoxyd), Schlacke (Kieselerde, Thonerde, Kalkerde), Brennmaterial (Kohle) und atmosphärische Luft (Stickstoff und Sauerstoff) wirksam seyen, und daß in Folge davon eine geschmolzene Verbindung von Kohlenstoff-Eisen, Roheisen, erzeugt werde. In ihrer Anwendung auf die Praxis erleidet unsere Theorie dadurch wesentliche Modificationen, daß bei dem genannten Processe noch manche andere Stoffe eine Rolle spielen und dadurch gewisse Vorgänge bedingt werden. Solche bisher von uns nicht berücksichtigte Stoffe sind vorzugsweise: Silicium, Phosphor, Schwefel, Arsenik, Mangan und verschiedene leichtere Metalle, wie namentlich Aluminium und Calcium.

Silicium.

Berzelius hat gezeigt, daß eine Verbindung des Siliciums mit dem Eisen nicht nothwendig einen flüssigen Zustand des letzteren voraussetzt, sondern daß eine solche bereits entsteht, wenn z. B. Eisenfeilspäne mit feingepulverter Kieselerde und Kohlenstaub längere Zeit stark erhitzt (cementirt) werden, indem sich hierbei das Silicium mit dem Eisen ebenso verbindet, wie es unter denselben Umständen — die Wirkung des Kohlenoxyds und der anderen kohlenden Gase außer Betracht gesetzt — die Kohle thut. Um so leichter muß eine Aufnahme von Silicium stattfinden, wenn flüssiges Eisen mit Kieselerde unter sonst günstigen Verhältnissen in Berührung kommt. Alles Roheisen ist daher, wie auch die Analysen zeigen (Bd. I., S. 580), mehr oder weniger siliciumhaltig, je nachdem es aus einer mehr oder weniger kieselerdereichen Beschickung und bei höherer oder niederer Temperatur erzeugt wurde. Besonders in der Schmelzzone, zum Theil aber auch schon in der Kohlungszone, findet sich Gelegenheit zu einer Aufnahme von Silicium. In ersterer ist flüssiges und halbflüssiges kohlehaltiges Eisen theils mit geschmolzener und schmelzender Schlacke, theils mit den in den Erzstücken selbst vorkommenden kieselhaltigen Substanzen bei einer bis zu 1800° C. und darüber gehenden Temperatur in unmittelbarer Berührung. Es bildet sich daher Silicium-

eisen, welches sich in dem Uebermaße des vorhandenen kohlehaltigen Eisens auflöst. Die Reduktion der Kieselerde findet hierbei theils durch den Kohlenstoffgehalt des Eisens, theils durch letzteres selbst statt. Je quarziger der Eisenstein und je kieselerdereicher die Schlacke, desto mehr Silicium wird in das Eisen übergehen, vorausgesetzt, daß die zur Zerlegung der Kieselerde erforderliche hohe Temperatur vorhanden ist.

Silicium-Gehalt des Roheisens.

Das weiße Roheisen pflegt höchstens 0,5 Proc. Silicium zu enthalten, während der Siliciumgehalt des grauen Roheisens bis auf 3,5 Proc. und mitunter noch höher steigt. In einem grauen französischen Roheisen fand Schafhäutl 4,86 Proc. Silicium.

Das graue Roheisen mit höherem Kohlegehalt ist im Allgemeinen ärmer an Silicium als das mit niederem Kohlegehalt. Kohle und Silicium ersetzen einander also gewissermaßen, die Summe beider Stoffe pflegt im grauen Roheisen 4 — 8 Proc. zu betragen. Die Ursachen dieses Verhältnisses sind folgende. Das weiße Roheisen — von welchem wir die durch einen beträchtlichen Schwefelgehalt charakterisirte Varietät außer Betracht lassen — wird in der Regel bei niederer Temperatur des Hohofens, aus leichter reducirbaren Erzen und bei einem leichter schmelzbaren, weniger kieselerdereichen Schlackenmaterial erzeugt, als dies beim grauen Roheisen der Fall ist. In Folge davon bietet sich hier zur Reduktion einer größeren Menge Silicium keine Gelegenheit; das Eisen kann sich, wenn sonst ein richtiger Schmelzgang stattfindet, mit Kohle sättigen, und wird als ein weißes Roheisen mit höherem Kohle- und geringem Silicium-Gehalt erstarren. Die entgegengesetzten Bedingungen bewirken die Erzeugung eines siliciumreichen grauen Roheisens, welches um so mehr Silicium und Kohle (in summa) enthalten wird, je höher die Ofentemperatur ist.

Einfluß des Siliciums auf die Graphitausscheidung.

Das von dem flüssigen Kohleeisen aufgenommene Silicium ist eine der mitwirkenden Ursachen, welche die Ausscheidung des Graphits bedingen. Ein mit Kohle gesättigtes oder übersättigtes Eisen vermag bei der Erstarrung um so weniger seinen Kohlegehalt chemisch gebunden zu erhalten, als es reich an Silicium ist. Sind die Bedingungen zur Erzeugung eines siliciumreichen Roheisens günstig, so sind sie es gewöhnlich nicht in Bezug auf die Aufnahme von Kohlenstoff und umgekehrt. Dies ergiebt sich schon daraus, daß der zur Reduktion der Kieselerde verwendete Kohlenstoff wohl größtentheils dem Kohlegehalt des Roheisens entnommen wird. Daher pflegt das graue Roheisen mit niederem Kohlegehalt reicher an Silicium zu seyn, als das mit höherem, während der summarische Gehalt an beiden Stoffen vorzugsweise von dem Hitzgrade im Ofenschachte, namentlich in der Schmelzzone, abhängig ist. Bei Anwendung einer stark erhitzten Gebläseluft und eines kohlereichen Brennmaterials von großem specifischen Gewicht, wie aschearmer Kohk und Anthracit, wird das an Kohle und Silicium reichste graue Roheisen erblasen.

Ausgeschiedenes Silicium.

Nicht bloß Kohle, sondern auch Silicium scheint sich beim Erstarren des siliciumhaltigen Kohleeisens auszuscheiden. Wehrle*) fand in einem Graphit 1,2 Proc. Silicium. Schafhäutl**) analysirte einen Graphit in papierdicken elastischen Blättchen und erhielt 3,07 Silicium; außerdem 14,47 Eisen und 7,62 Kieselerde, welche letztere, wenigstens zum Theil, wohl durch spätere Oxydation von Silicium entstanden war und daher den ursprünglichen Siliciumgehalt bedeutend erhöht. Ein lebhaft glänzender Graphit in sehr dünnen Blättchen, welcher durch die Behandlung mit Säuren und Alkalien sein Ansehen nicht veränderte, bestand nach demselben Chemiker aus 85,45 Kohlenstoff, 9.50 Eisen und 4,93 Silicium.

Eigenschaft des siliciumhaltigen Roheisens.

Das Silicium ertheilt dem damit verbundenen Roheisen eine größere Härte, beeinträchtigt aber seine Festigkeit. In dem zum Frischen (zur Erzeugung von Stabeisen) bestimmten Roheisen ist ein Siliciumgehalt insofern von keinem Nachtheil, als er durch die oxydirende und verschlackende Wirkung des Frischprocesses daraus entfernt werden kann. Allerdings aber kann dies nicht geschehen, ohne einen entsprechenden Eisenverlust nach sich zu ziehen.

Phosphor

Der Phosphor, in Gestalt von phosphorsauren Salzen, bildet einen Bestandtheil der Asche aller Brennmaterialien; er findet sich ferner in manchen Eisensteinen, namentlich in den Sumpf- und Wiesenerzen, sowie auch nicht selten in den als Zuschläge angewendeten Substanzen, besonders im Kalkstein. Es läßt sich daher schließen, daß es keine Hohofen-Beschickung giebt, welche ganz frei von Phosphorsäure ist, und daß es ebensowenig ein Roheisen geben dürfte, in welchem sich bei genauer Untersuchung nicht wenigstens Spuren von Phosphor nachweisen ließen. Löst man Roheisen in erhitztem Königswasser und setzt zu der vom kohligen Rückstande abfiltrirten sauren Solution molybdänsaures Ammoniak, so läßt sich die Gegenwart einer selbst nur geringen Menge Phosphorsäure durch den sich, nach Svanberg, bildenden gelben Niederschlag wahrnehmen, dessen Farbe besonders deutlich hervortritt, wenn man die darüberstehende dunkelgefärbte Solution vorsichtig abgießt.

Eigenschaft des phosphorhaltigen Roheisens.

Ein Phosphorgehalt des Roheisens wirkt auf Härte und Festigkeit desselben ganz ähnlich, aber in höherem Grade, wie ein Gehalt an Silicium. Nach Karsten sind schon 0,5 Proc. Phosphor hinreichend, um die Festigkeit des Roheisens in bemerkbarer Weise zu vermindern. Roheisensorten, welche 1 — 1,5 Proc. Phosphor enthalten, kommen keineswegs selten vor. In einem weißen Französischen Roheisen von Firmy fand Berthier 2,3 Proc. und in einem aus Wiesenerzen erblasenen weißen Roheisen Karsten 5,6 Proc. Phosphor. Im weißen Roheisen sieht man einen beträchtlicheren Phosphorgehalt noch weniger gern als im grauen, weil er beim Frischen (wozu vor-

*) Lehrb. d. Probir- u. Hüttenk. 2te Ausgabe. Bd. 2, S. 19.

**) Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. Bd. 19, S. 159.

zugsweise das weiße Roheisen verwendet wird) ohne entsprechenden Eisenverlust nicht vermindert, unmöglich aber ganz entfernt werden kann. Bei dem zu solchen Gußwaaren, die keine große Festigkeit zu besitzen brauchen, verwendeten grauen Roheisen ist ein nicht allzu bedeutender Phosphorgehalt nicht bloß unschädlich, sondern sogar von Vortheil. Das phosphorhaltige Eisen besitzt nämlich einen niedrigeren Schmelzpunkt und zeigt sich im geschmolzenen Zustande dünnflüssiger als das phosphorfreie, weswegen es die Formen sehr gut ausfüllt und Gußstücke mit scharfen Contouren liefert.

Weißwerden des Roheisens durch Phosphor.

Man nimmt an, daß das phosphorhaltige Roheisen Neigung zum Weißwerden (Erstarren als weißes Roheisen) besitze. In gewisser Beziehung ist dies vollkommen wahr, kann aber leicht unrichtig verstanden werden. Wirft man einen Blick auf die Analysen verschiedener Roheisensorten *), so findet man Folgendes:

1) Das graue Roheisen enthält mitunter zwar nur Spuren und geringe Mengen von Phosphor, oft aber auch 1 — 1,5 Proc. So z. B. fand Svanberg 1,46 Phosphor in einem mit Anthracit erblasenen grauen Roheisen von Donville in Amerika, welches nicht weniger als 6,48 Kohlenstoff (Graphit und chemisch gebundene Kohle) enthielt. Bodemann untersuchte zwei Sorten grauen Holzkohle-Roheisens von Lerbach bei Clausthal, von denen das eine (3,85 Graphit und 0,48 chemisch gebundene Kohle) bei kaltem und das andere (3,48 Graphit und 0,95 chemisch gebundene Kohle) bei 90° R. heißem Winde erblasen worden war, und fand die respectiven Phosphorgehalte zu 1,22 und 1,68 Proc.

2) Das weiße Roheisen enthält in der Regel nur geringe, selten über 0,4 — 0,5 Proc. betragende Mengen von Phosphor, das Spiegeleisen kaum mehr als Spuren davon.

Der Widerspruch, in welchem diese Thatsachen mit jener Annahme — vom Weißwerden des Roheisens durch einen höheren Phosphorgehalt — zu stehen scheinen, verschwindet bei der Berücksichtigung der nachstehenden Verhältnisse, welche sich ergeben, wenn wir eine Hohofenbeschickung phosphorhaltiger Eisenerze bei ihrem Niedergehen im Schachtraume verfolgen.

Hergang bei Verschmelzung von phosphorhaltiger Beschickung.

Schon innerhalb der Reduktionszone, besonders in dem unteren Theile derselben, wo — beim Kohlensack — die Temperatur bis auf 1000° — 1200° C. steigt, wird durch die vereinte Wirkung der reducirenden Gase und des metallischen Eisens eine Reduktion der Phosphorsäure vor sich gehen und in Folge davon ein phosphorhaltiges Eisen gebildet werden, dessen Phosphorgehalt beim tieferen Niedergehen der Beschickung sich noch steigern wird. Da nun sowohl das reine als das kohlehaltige Eisen durch Aufnahme von Phosphor bedeutend leichtflüssiger werden, so wird das reducirte poröse Eisen seine Po-

*) Bd. 1, S. 580. Ferner Rammelsberg Lehrb. d. chem. Metallurgie, S. 67.

rosität in dem Maße bald einbüßen, als sein Phosphorgehalt beträchtlich ist. Es wird eine zusammengesinterte Masse entstehen, die der Kohlung durch die kohlenden Gase eine weit geringere Oberfläche bietet als eine poröse (S. 5), und welche bereits vor ihrem Eintritte in die eigentliche Schmelzzone flüssig werden wird. Allerdings bleibt diesem flüssigen kohlearmen und phosphorhaltigen Eisen noch die Gelegenheit zur Kohlenstoffaufnahme, während es die Schmelzzone passirt. Herrscht hier eine sehr hohe Temperatur, so wird das Resultat der Schmelzung ein graues Roheisen seyn; ist die Temperatur aber minder hoch, so wird ein weißes (kohlearmes und phosphorhaltiges) Roheisen erfolgen. Man sieht daher ein, daß bei demselben Minimum der Schachttemperatur, bei welchem ein phosphorfreies Erz noch ein graues Roheisen giebt, ein phosphorhaltiges Erz bereits ein weißes Roheisen liefert; daß aber letzteres, wenn der Phosphorgehalt nicht allzu bedeutend ist, durch erhöhte Temperatur verhindert werden kann. Weil ferner das phosphorhaltige weiße Roheisen zum Verfrischen nicht eben geeignet ist, das phosphorhaltige graue Roheisen aber beim Gießereibetriebe gut verwendet werden kann, so pflegt man die Verschmelzung phosphorhaltiger Erze stets bei hoher Temperatur vorzunehmen, um womöglich graues Roheisen daraus zu erzeugen. Aus diesem Grunde wird ein beträchtlicherer Phosphorgehalt häufiger im grauen als im weißen Roheisen angetroffen.

Einfluß des Phosphors auf die Graphitausscheidung.

Das im Rastraume gebildete und bereits flüssig gewordene phosphorhaltige Eisen, welches im Momente seines Flüssigwerdens stets mehr oder weniger kohlearm ist, nimmt während seines Niederganges zum Heerde, durch unmittelbare Berührung mit weißglühender Kohle, eine zweite Portion Kohlenstoff auf, deren Größe sich besonders nach der Temperatur des Schmelzraumes richtet. Auf diese Weise erfolgt eine Sättigung des Eisens mit Kohlenstoff, welche es möglich macht, daß das phosphorhaltige Roheisen bei seiner Erstarrung Graphit ausscheidet. Und zwar scheint hier ein ähnliches Verhalten wie beim siliciumhaltigen Eisen einzutreten, indem ein größerer Phosphorgehalt die Ausscheidung einer größeren Menge Kohlenstoff (als Graphit) zur Folge hat. Wie also gewissermaßen Silicium und chemisch gebundener Kohlenstoff einander ergänzen, so thun es auch Phosphor und Kohlenstoff. Hierbei findet aber jedenfalls eine gewisse Grenze statt; denn ein mit Phosphor überladenes Roheisen (dessen Phosphorgehalt beträchtlich über 1,5 Proc. beträgt) ist schwerlich noch zur Graphitausscheidung zu bringen, weil es — da seine auflösende Kraft in Bezug auf den Kohlenstoff durch jenes Uebermaß von Phosphor zu sehr geschwächt wurde — nur wenig Kohlenstoff aufzunehmen vermochte.

Zweckmäßigste Behandlung einer phosphorhaltigen Beschickung.

Wenn es auch, besonders durch Karsten's Untersuchungen, als ausgemacht gelten kann, daß beim Hohofen-Processe aller im Erze selbst enthaltene Phosphor ins Roheisen übergeht, so darf dies doch weder auf einen Phos-

phorgehalt der das Erz begleitenden Gangart, noch auf phosphorhaltiges Brennmaterial oder phosphorhaltige Zuschläge bezogen werden. Phosphorsäure, welche auf eine der letzteren Arten vorkommt, wird jedenfalls zunächst in die Schlacke geführt und kann daraus durch Einwirkung des kohlehaltigen Eisens wohl theilweise, aber schwerlich ganz reducirt werden. Der Grad, in welchem dies stattfindet, ist abhängig 1) von der Temperatur, bei welcher Roheisen und Schlacke in flüssigem Zustande auf einander einwirken, 2) von der Zeit ihrer gegenseitigen Berührung, und 3) von dem größeren oder geringeren Kalkgehalt der Schlacke. Es folgt hieraus die Regel, daß man, bei phosphorhaltiger Erzgangart und phosphorhaltigem Brennmaterial, den Hohofenproceß bei möglichst niedriger Temperatur und unter Anwendung eines beträchtlichen Zuschlages von — möglichst phosphorsäurefreiem — Kalkstein zu führen habe. Hierin besteht vor der Hand das einzige Mittel, durch welches ein solcher Phosphorgehalt theilweise unschädlich gemacht werden kann. Ein beträchtlicher Phosphorgehalt des Erzes selbst nöthigt dagegen zu dem bereits oben gedachten Verschmelzen auf graues Gußroheisen.

Schwefel.

Auch der Schwefel macht, gleich dem Phosphor, einen in keiner Hohofenbeschickung fehlenden Bestandtheil aus. Einestheils wird seine Gegenwart durch den Schwefel- (Schwefelsäure-) Gehalt der Asche der Brennmaterialien, anderentheils dadurch bedingt, daß sowohl Eisenerze als Zuschläge häufig Schwefelmetalle (Schwefelkies, Kupferkies u. s. w.), zuweilen auch schwefelsaure Salze (Schwerspath, Gyps) beigemengt enthalten.

Wirkung des Schwefels auf geschmolzenes Roheisen.

Von Huëne*) hat Versuche beschrieben, welche das Verhalten des Roheisens zum Schwefel auf eine sehr augenfällige Weise darthun. Durch Karsten**) sind diese Versuche wiederholt und erweitert worden. Als Hauptresultat derselben ergiebt sich Folgendes: Bringt man geschmolzenes Spiegeleisen mit einer hinreichenden Menge Schwefel in Berührung, oder schmelzt man beide in einem verschlossenen Tiegel zusammen, so bildet sich Schwefeleisen, und man findet die mit dem Eisen chemisch verbunden gewesene Kohle in Gestalt eines rußartigen Körpers ausgeschieden. Die Kohle wird also durch Schwefel aus ihrer Verbindung mit dem Eisen ausgetrieben. Wird dagegen geschmolzenes graues Roheisen über Schwefel gegossen, dessen Menge zur vollständigen Umänderung des Eisens in Schwefeleisen nicht hinreicht, so bildet sich eine Schicht Schwefeleisen, unter welcher man nach dem Erkalten ein vollkommenes Spiegeleisen findet. Nach dem zuerst angeführten Verhalten läßt sich dies leicht erklären. Der durch den Schwefel abgeschiedene Kohlenstoff wird von dem flüssigen, nicht in Schwefeleisen umgewandelten Roheisen aufgenommen, welches dadurch zu einem kohlereicheren Eisen wird und, wenn die

*) Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 26, S. 308.
**) Karsten's Eisenhüttenk., 3te Ausg., Bd. 1, S. 427.

Abkühlung hinreichend schnell eintritt, als Spiegeleisen erstarrt. Karsten giebt die Zusammensetzung des zum Versuche angewendeten grauen, und des daraus erhaltenen Spiegeleisens an, wie folgt:

	Graues Roheisen.	Spiegeleisen.
Chemisch gebundene Kohle	0,625	5,488
Graphit	3,312	—
Schwefel	0,029	0,446

Daß die chemische Wirkung des Schwefels in diesem Falle wesentlich nur in der Abscheidung von Kohlenstoff und in der daraus folgenden höheren Kohlung des nicht in Schwefeleisen umgewandelten Roheisens besteht, keineswegs aber von direktem Einflusse auf die Bildung von Spiegeleisen ist, geht daraus hervor, daß man bei langsamerer Abkühlung des mit Schwefel behandelten grauen Roheisens (bei Anwendung eines geschmolzenen Roheisens von sehr hoher Temperatur) kein Spiegeleisen, sondern ein graphitreiches graues Roheisen erhält. Dies ergiebt sich aus folgendem Versuche:

	Zur Behandlung mit Schwefel angewendetes graues Roheisen.	Dadurch erhaltenes graues Roheisen.
Chemisch gebundene Kohle	0,594	1,109
Graphit	3,265	4,514

Nur insofern mag der Schwefel unter den gedachten Umständen zur Bildung von Spiegeleisen beitragen, als ein großer Theil desselben verflüchtigt und dem flüssigen Roheisen dadurch Wärme entzogen wird. Dieser Wirkung wird durch eine nicht zu große Schwefelmenge, sowie durch eine möglichst hohe Temperatur und langsame Abkühlung des flüssigen Roheisens entgegengearbeitet.

Eigenschaft des schwefelhaltigen Roheisens.

Nach Karsten wird die Festigkeit des Roheisens durch einen Gehalt von 0,4 Proc. Schwefel kaum vermindert; während ein geringer Schwefelgehalt sogar eine erhöhte Festigkeit desselben zur Folge haben soll. Ein solches Eisen, welches sich überdies — gleich dem phosphorhaltigen Roheisen — durch Leichtflüssigkeit auszeichnet, würde daher zur Anfertigung von Gußwaaren eher zu empfehlen als zu vermeiden seyn, wenn hierbei nicht ein übler Umstand in Betracht käme. Das schwefelhaltige Roheisen geht vor seiner völligen Erstarrung in einen dickflüssigen Zustand über, in welchem sich leicht Höhlungen und Blasenräume (zum Theil wahrscheinlich in Folge der Einwirkung von Feuchtigkeit auf Schwefeleisen) in ihm bilden, was ein mangelhaftes Gelingen der Gußstücke nach sich zieht. Da nun auch das zum Verfrischen dienende (weiße) Roheisen durch einen beträchtlichen Schwefelgehalt sehr schwierig zu behandeln wird, so muß das Bestreben des Eisenhüttenmannes in allen Fällen auf die Erzeugung eines möglichst schwefelarmen Roheisens gerichtet seyn. Um Mittel hierzu ausfindig zu machen, ist es nothwendig,

sich die Art der Entstehung des schwefelhaltigen Roheisens beim Hohofen-Processe klar zu machen, oder, mit anderen Worten, den Gang einer schwefelhaltigen Beschickung durch den Ofenschacht zu verfolgen.

Hergang bei Verschmelzung v. schwefelhalt. Beschickung.

In der Reduktions- und Kohlungszone bildet sich schwefelhaltiges Eisen auf ganz analoge Weise wie phosphorhaltiges; auch wird die Kohlung desselben zum Theil ganz durch die nämlichen Umstände wie bei letzterem erschwert. Beim schwefelhaltigen Roheisen kommt aber noch ein wichtiger, die Kohlung sehr beeinträchtigender Umstand hinzu, welcher eine Folge des soeben angegebenen Verhaltens zwischen Schwefel und Roheisen ist. Während nämlich sowohl flüssiges siliciumhaltiges als phosphorhaltiges Eisen bei hinreichender Temperatur noch beträchtliche Mengen von Kohlenstoff aufnehmen und bei langsamem Erkalten als Graphit wieder abscheiden, zeigt das schwefelhaltige Roheisen auch unter solchen Umständen nur eine sehr geringe Tendenz zur Kohlung. Die Auflösung der Kohle im schwefelhaltigen Eisen wird in dem Maße geradezu verhindert, als der Schwefelgehalt desselben beträchtlich ist. Aus diesem Grunde passirt solches Eisen den Schmelzraum, ohne seinen ursprünglich schon geringen Kohlegehalt erheblich zu vergrößern, gelangt als kohlearmes schwefelhaltiges Eisen in den Heerd und erstarrt später als weißes kohlearmes Roheisen. In dem oberen Theile der Oxydationszone — da, wo sich bereits ein beträchtlicher Theil der, durch unmittelbare Einwirkung der Gebläseluft auf die Kohle erzeugten, Kohlensäure zu Kohlenoxydgas umgewandelt hat — erleidet jedoch der Schwefelgehalt des Eisens eine Veränderung, welche, obgleich nicht beträchtlich, gleichwohl von Wichtigkeit für die Theorie des Hohofenprocesses ist. Ebelmen*) fand bei der Untersuchung der Hohofengase von Pont l'Evêque, daß dieselben zwischen Kohlensack und Gicht keine Spur weder von Schwefelwasserstoff, noch von schwefliger Säure enthielten. Dagegen gaben die Verbrennungs-Produkte dieser Gase eine Reaktion auf schweflige Säure, obwohl eine so schwache, daß eine quantitative Bestimmung nicht möglich war. Hieraus schloß Ebelmen auf das Vorhandenseyn einer sehr geringen Menge Schwefelkohlenstoff. Diese schien aber jedenfalls nicht im Verhältnisse zu dem bedeutenden Schwefelgehalt der als Brennmaterial angewendeten Kohks zu stehen; folglich mußte der bei weitem größte Theil dieses Schwefels ins Roheisen und in die Schlacke übergegangen seyn. Als Ebelmen aus demselben Hohofen Gase aus der Formgegend — ungefähr 1 Fuß über dem Form-Niveau — ableitete, zeigten diese eine sehr deutliche Reaktion auf Schwefelwasserstoffgas. Daß letzteres sich durch Einwirkung des mit der Gebläseluft (als hygroskopische Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft) einströmenden Wasserdampfs auf die in der Beschickung vorhandenen Schwefelmetalle, besonders aber auf das schwefelhaltige Eisen,

Schwefelgehalt der Hohofengase.

Schwefel-Kohlenstoff in den Hohofengasen.

*) Ann. d. mines, 4 sér. t. 3, p. 5. Berg- u. hüttenm. Ztg. Bd. 3, S. 1071.

gebildet hatte, kann keinem Zweifel unterliegen. Wo bleibt aber dies im oberen Theile der Oxydations- — und wohl auch im unteren Theile der Schmelz- — Zone erzeugte Schwefelwasserstoffgas, da es sich in den Gasen des Kohlensacks nicht mehr vorfindet? Aller Wahrscheinlichkeit nach wird es theils durch metallisches, theils durch noch nicht vollkommen reducirtes Eisen, theils aber auch durch den als Zuschlag angewendeten Kalk zerlegt, so daß sich Schwefeleisen, Schwefelcalcium, Wasserstoff und Wasser bilden. Man sieht daher ein, wie durch diesen in der Oxydationszone eingeleiteten Proceß ein Theil des Schwefels aus dem Roheisen entfernt und, wenn das Schlackenmaterial hinreichend kalkhaltig ist, in die Schlacke übergeführt wird, indem das gebildete Schwefelcalcium mit den Schlackensilicaten zusammenschmilzt.

Kalkzuschlag bei schwefelhaltiger Beschickung.

Daß Kalkzuschläge zur Abscheidung von Schwefel aus einer schwefelhaltigen Hohofenbeschickung dienen können, ergiebt sich unmittelbar aus dem Gesagten; ebenso aber, daß dieselben, wegen jener indirekten Wirkung, keineswegs als ein in allen Fällen ausreichendes Mittel in dieser Beziehung anzusehen sind. Man hat hierbei wohl zu unterscheiden, ob der Schwefelgehalt einer Beschickung hauptsächlich im Erze selbst, oder in der dasselbe begleitenden Gebirgsart, oder im Brennmaterial enthalten ist. Im ersteren dieser Fälle nützen Kalkzuschläge in geringerem Grade als in beiden letzteren, weil sie erst zur Wirkung gelangen, nachdem sich bereits Schwefeleisen gebildet hat, und weil von diesem kaum beträchtlich mehr zerlegt wird, als in der Oxydationszone auf oben angegebene Art geschieht. Der in der Gebirgsart und der im Brennmaterial enthaltene Schwefel wird dagegen, wenn es nicht an Kalkerde mangelt, großentheils als Schwefelcalcium direct in die Schlacke geführt. Eine solche schwefelcalciumhaltige Schlacke besitzt, nach der Erfahrung einiger Metallurgen, die Eigenschaft, andere Schwefelmetalle (Schwefeleisen, Schwefelmangan u. s. w.) im Verhältnisse ihres Schwefelcalcium-Gehaltes aufzulösen. Zur Begünstigung dieser Schwefelaufnahme darf die Schlacke natürlich keine höher silicirte seyn, sondern muß sich in ihrer Zusammensetzung möglichst einem Singulo-Silicate nähern.

Anwendung v. d. Wasserdämpfen bei schwefelhaltig. Beschickung.

Die gedachte Einwirkung der Wasserdämpfe auf schwefelhaltiges Roheisen bei hoher Temperatur legt es nahe, sich derselben bei der Verschmelzung schwefelhaltiger Beschickungen in verstärktem Maße zu bedienen. Wenn schon die geringe Quantität Wasserdampf, welche unter gewöhnlichen Umständen in der Atmosphäre enthalten ist, eine erkennbare Abscheidung von Schwefel aus dem geschmolzenen Roheisen bewirkt, so muß dies bei einer künstlichen Vermehrung des Feuchtigkeitsgehaltes der Gebläseluft in höherem Grade der Fall seyn. Daß durch Anwendung eines mit Wasserdämpfen geschwängerten Windes eine Temperatur-Erniedrigung im Hohofen eintritt (Bd. I, S. 524), kann die Anwendung dieses Mittels nicht verhindern, da wir die Menge der Wasser-

dämpfe in unserer Gewalt haben und überdies die dadurch bewirkte Temperatur-Verminderung mittelst erhitzter Gebläseluft wieder aufheben können. Von der Wirksamkeit unseres Mittels aber giebt ein schon vor einer Reihe von Jahren von Eck auf der Königshütte in Oberschlesien angestellter Versuch*) das beste Zeugniß. Es sollte damals auf diesem Hüttenwerke der Einfluß der Wasserdämpfe auf die Ofentemperatur untersucht werden. Zu dem Ende wurde aus einem mit Wasser gefüllten Reservoir eine metallene Röhre bis in die Form, unmittelbar über die Düse geleitet. Vermittelst eines an dieser Röhre angebrachten Hahnes konnte man die Menge des ausfließenden Wassers beliebig verändern. Das herabtropfende Wasser wurde, noch ehe es den Boden der Form erreichte, von dem heißen Winde in Dampf verwandelt und als solcher in den Hohofen geführt. Eck fand, daß bei einem pro Stunde verbrauchten Wasser-Quantum von 1/2 Cub.-Fuß durchaus keine merkliche Temperatur-Abnahme im Schachtraume stattfand, ja daß sich sogar eine etwas (ungefähr um 6 1/2 Proc.) vermehrte tägliche Roheisen-Produktion herausstellte. Sobald man aber jene Wassermenge erheblich vermehrte, trat in demselben Grade ein Sinken der Temperatur ein, und bei 1 1/2 Cub.-Fuß Wasserverbrauch pro Stunde wurde weißes Roheisen erhalten. Das bei jener geringeren Wassermenge erblasene Roheisen war dagegen völlig grau, besaß alle Eigenschaften eines ungewöhnlich schwefelfreien Roheisens und lieferte beim Verfrischen ein Stabeisen von ganz vorzüglicher Qualität. Der Hohofen auf Königshütte, in welchem diese Versuche angestellt wurden, hatte eine Capacität von etwa 1800 Cub.-Fuß Rheinl., und wurde mit Kohks betrieben, die aus ziemlich viel Schwefelkies bei sich führenden Steinkohlen gewonnen waren**). — Auch die auf der Silbernaaler Hütte am Harz ange-

*) Das Nähere über diesen interessanten Versuch habe ich bereits im 2ten Bande von Liebig, Poggendorff und Wöhler's Handwörterbuch der Chemie (1842), S. 726 unter dem Artikel „Eisen" mitgetheilt.

**) In Karsten's Eisenhüttenk., Bd. 1, S. 594, findet man folgende drei Roheisen-Analysen (10, 11 und 12) angeführt:

	Graphit.	Chem. geb. Kohle.	Schwefel.
R. von Königshütte . . .	3,043 . .	0,572 . .	0,0027
R. von ebendaher	3,3145 . .	0,4885 . .	0,0331
R. von ebendaher	3,6026		 0,01818

Alle drei Sorten Roheisen waren aus Brauneisenstein erblasen, die erste bei kaltem Winde, die zweite bei heißem Winde und die dritte bei heißem Winde und Wasserdämpfen. Daß die Anwendung letzterer eine Verminderung des Schwefelgehaltes im Roheisen bewirkte, ersieht man aus der Vergleichung der dritten Analyse mit der zweiten. Zugleich aber ergiebt sich, daß das bei kaltem Winde erblasene Roheisen am wenigsten Schwefel enthält. Die Anwendung der Wasserdämpfe wäre hiernach also nur in dem Falle anzurathen,

stellten Frisch-Versuche mit Wasserdämpfen*) haben ein Resultat ergeben, welches die vortheilhafte Einwirkung der letzteren auf schwefelhaltiges Eisen bei hoher Temperatur bestätigt. In allen diesen Erfahrungen dürfte wenigstens eine Aufforderung zur weiteren Verfolgung dieses Gegenstandes liegen.

Mangan.

Einige Eisenerze, wie besonders gewisse Spath- und Brauneisensteine, besitzen einen beträchtlichen Mangan-Gehalt. Bei der Verschmelzung solcher Erze im Hohofen geht ein Theil dieses Mangans in die Schlacke, ein anderer Theil in das Roheisen. Da das manganhaltige Roheisen (bis gegen 7 Proc. Mangan) in keiner Beziehung weniger gute Eigenschaften besitzt, als das manganfreie, ja selbst bei seiner Anwendung zur Stabeisenfabrikation gewisse Vortheile gewährt, so kann von keinen Mitteln die Rede seyn, welche die Verminderung eines Mangangehaltes im Roheisen bezwecken.

Das Manganoxydul ist bekanntlich schwieriger reducirbar als das Eisenoxydul. Aus diesem Grunde wird bei einer manganhaltigen Beschickung das Manganoxydul fast unverändert aus der Reduktionszone in die Kohlungszone übergehen, und ein Theil desselben sogar in die Schmelzzone gelangen. Hier und theilweise auch schon in der Kohlungszone wird eine Verschlackung des Manganoxyduls vor sich gehen und dadurch eine Schlacke gebildet werden, die sich durch ihre Leichtflüssigkeit auszeichnet. Diese Eigenschaft des Manganoxyduls, ein leichtflüssiges Silikat zu bilden und dadurch den Schmelzpunkt der gesammten Schlackenmasse verhältnißmäßig zu erniedrigen, ist der Grund, warum die manganhaltigen Eisenerze sich vorzugsweise zur Verschmelzung bei niedriger Temperatur und also zur Bildung von weißem Roheisen eignen. Will man Spiegeleisen daraus erzeugen, so setzt dies zugleich ihre Reinheit in Bezug auf einen Phosphor- und Schwefelgehalt voraus. Ein solcher ist aber in den Spatheisensteinen selten in beträchtlicher Menge vorhanden; und folglich sind, im Allgemeinen, die Spatheisensteine die geeignetsten Erze zur Produktion von Spiegeleisen. Die früher bei den Metallurgen verbreitete Vorstellung, daß der Mangangehalt der Erze direkt auf die Erzeugung von Spiegeleisen hinwirke, indem das Mangan die chemische Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Eisen befördere und dauernder mache, ist jetzt wohl ziemlich allgemein aufgegeben.

Arsenik.

Erst in neuerer Zeit ist man darauf aufmerksam geworden, daß auch der Arsenik, wenn auch meist nur in sehr geringer Menge, als Bestandtheil vieler Hohofenbeschickungen auftritt. Daß einige Eisenerze, wie namentlich Magneteisenstein, mitunter etwas Arsenikkies bei sich führen, ist schon eine ältere Erfahrung; ebenso, daß manche Schwefelkiese arsenikhaltig sind. Daß

wenn man genöthigt ist, durch heiße Gebläseluft auf eine erhöhte Produktion hinzuarbeiten.

*) Berg- un hüttenm. Ztg., Bd. 1, S. 326.

aber Brauneisensteine, Gelbeisensteine und überhaupt die als neuere neptunische Gebilde zu betrachtenden Eisenerze häufig kleine Mengen von Arsenik — als arseniksaure Salze, besonders arseniksaures Eisenoxyd — bei sich führen, ist eine Thatsache, auf welche man zuerst durch die von Walchner darüber angestellten Versuche geführt worden ist. Wenn es nun ferner seine Richtigkeit hat, daß, nach Stein's Beobachtungen *), sogar in den Holzkohlen Spuren von Arsenik vorkommen, so würde man allerdings ein sehr verbreitetes Vorkommen des Arseniks in den Hohofen-Beschickungen annehmen müssen. Hiernach ließe sich dann ein eben so häufiges, wenigstens spurenweises Auftreten des Arseniks im Roheisen erwarten. Aeltere Analysen bestätigen dies eben nicht; allein Wöhler **) hat gezeigt, daß ein geringer Arsenikgehalt des Roheisens leicht übersehen werden kann, da derselbe unter gewissen Umständen in dem von Säuren ungelösten kohligen Rückstande bleibt, also in der Solution vergebens gesucht wird. Zugleich gelang es Wöhler, durch genaue Untersuchungen Arsenik in den Roheisensorten von vier verschiedenen Hüttenwerken nachzuweisen. Ferner hat Schafhäutl ***) zu zeigen gesucht, daß sogar in dem berühmten, vorzugsweise zur Cementstahlbereitung angewendeten schwedischen Stabeisen von Dannemora eine kleine Menge (0,017 Proc.) Arsenik enthalten sey. Größere Mengen von Arsenik, bis zu 4,08 Proc., fand Berthier in dem französischen weißen Roheisen von Alais, welches ohne Zweifel aus arsenikkiesreichen Erzen erblasen wurde.

Nach Allem, was man bis jetzt über das Verhalten des arsenikhaltigen Roheisens weiß, gewinnt es den Anschein, daß dasselbe hinsichtlich seiner Eigenschaften dem phosphorhaltigen Roheisen an die Seite zu setzen sey. Geringe Mengen von Arsenik dürften daher nicht zu den schädlichen Beimengungen des Roheisens gehören.

Ebenso ist das Verhalten einer arsenikhaltigen Beschickung bei ihrem Niedergange im Ofenschachte wahrscheinlich ganz analog dem einer phosphorhaltigen; und man kann annehmen, daß so gut wie der ganze Arsenikgehalt derselben in's Roheisen übergeht.

Aluminium, Calcium u. s. w.

Mehrere Chemiker haben bei der Analyse einzelner Roheisensorten kleine Mengen und Spuren von Aluminium, Calcium, Magnesium und Baryum gefunden. Obwohl es möglich ist, daß einige solche Angaben auf Irrthümern beruhen, so läßt sich dies doch kaum bei allen annehmen. Die größte Quantität von Aluminium, welche bisher in einem Roheisen aufgefunden wurde, beträgt 1,01 Proc.; sie ist nach Schafhäutl's Analyse in einem grauen französischen Roheisen (Bd. I, S. 581) enthalten. Karsten

*) Polytechn. Centralbl. 1850, S. 1281.

**) Wöhl. u. Lieb. Ann. d. Pharm. Bd. 31, S. 95.

***) Prechtl's Technolog. Encyklopäd. Bd. 15, S. 376.

ist der Meinung, daß so bedeutende Quantitäten von Aluminium oder anderer Erdenmetalle gewiß nicht günstig auf die Eigenschaften des Roheisens wirken, und namentlich dessen Festigkeit bedeutend beeinträchtigen. — Zur Aufnahme der Erdenmetalle in das Roheisen dürfte sich namentlich in solchen Hohöfen Gelegenheit bieten, welche bei sehr hoher Temperatur und mit einer Beschickung betrieben werden, die eine niedrig silicirte (Singulo-Silicat-) Schlacke giebt.

Kupfer. Kupfer wird nicht selten im Roheisen angetroffen; doch hat man bis jetzt nie eine 0,2 Proc. übersteigende Quantität darin nachweisen können. In so geringer Menge ist es jedenfalls kein schädlicher Bestandtheil des Roheisens. Nur wenn letzteres zur Stabeisenfabrikation verwendet werden soll, ist, nach Karsten, ein Kupfergehalt von schädlichem Einflusse.

Zink. Obwohl zinkhaltige Eisenerze nicht selten verschmolzen werden, so haben sich in dem daraus erzeugten Roheisen doch nie mehr als Spuren dieses Metalles auffinden lassen; dagegen entweichen unter solchen Umständen Zinkdämpfe aus dem Gestell und der Gicht des Ofens, und geben sich durch die Beschaffenheit der Tümpel- und Gichtflamme zu erkennen. — Eisenerze, welche Kupfer und Zink zugleich enthalten, dürften einer besonderen Beachtung verdienen. Bazie*) empfiehlt eine Legirung von 99 Gwthl. Roheisen und 1 Gewthl. Messing wegen ihrer Härte zu Pumpenkolben und überhaupt Maschinentheilen, welche einer starken Reibung unterworfen sind. Versuche auf der Gleiwitzer Hütte in Oberschlesien haben die guten Eigenschaften dieser Legirung bestätigt.

Blei. Nach allen bisherigen Erfahrungen scheint das Roheisen durchaus keine Neigung zu besitzen, selbst nur eine Spur Blei aufzunehmen. Bei der Verschmelzung bleihaltiger Beschickungen ist also, wenn der Bleigehalt nicht so beträchtlich ist, daß er den Hohofenproceß in anderer Beziehung stört, kein nachtheiliger Einfluß auf das ausgebrachte Roheisen zu befürchten.

Vanadin, Molybdän und Titan. Vanadin, Molybdän und Titan sind in einigen Roheisensorten in sehr geringer Menge aufgefunden worden. Daß das Titan nicht in bedeutenderer Quantität darin vorkommt, obgleich Eisenerze von beträchtlichem Titangehalt nicht selten verschmolzen werden, beweist die schwache Verwandtschaft beider Metalle zu einander, die durch den Kohlegehalt des Roheisens noch vermindert wird. Wie schon oben erwähnt, scheidet sich das Titan im Hohofen — besonders im Gestell- und Rastraume — als jener merkwürdige Körper aus, in welchem Wöhler eine Verbindung von Cyantitan mit Stickstofftitan = $Ti\,Cy + 3\,Ti^3\,N$ erkannte. — Es ist eine alte Erfahrung, daß die Schmelzbarkeit einer Hohofenbeschickung mit dem Titangehalt derselben abnimmt. Dies erklärt sich zum Theil daraus, daß das titanhaltige Eisen sich in der Kohlungszone schwieriger kohlt, also eines höheren Hitzgra-

*) Karsten's Arch. Bd. 8, S. 196.

des zu seiner Schmelzung bedarf, um so mehr, als sich ein Theil des strengflüssigen Titans im Roheisen auflöst und sich erst beim Erkalten des letzteren wieder daraus abscheidet. Auf eine solche Abscheidung scheint es wenigstens hinzudeuten, daß man bei Verschmelzung titanreicher Beschickungen im erstarrten Roheisen nicht selten kleine Partien von Cyan-Stickstofftitan findet.

Stickstoff. Wenn das Eisen Neigung besäße, sich mit dem Stickstoff bei höherer Temperatur chemisch zu verbinden, so böte sich im Innern eines Hohofens anscheinend dazu eine sehr gute Gelegenheit, indem hier ein stickstoffreicher Gasstrom fortwährend sowohl mit reducirtem ungeschmolzenen als geschmolzenen Eisen in Berührung ist. Wahrscheinlich würde sich auch unter diesen Umständen ein stickstoffhaltiges Eisen bilden, wenn der zunehmende Kohlegehalt des Eisens eine solche Verbindung nicht verhinderte und wieder aufhöbe. Kohlefreies oder kohlearmes Eisen in einem Strom von Ammoniakgas geglüht, nimmt Stickstoff auf. So erhielt Despretz *), nach 6 — 8 stündiger Behandlung von glühendem Eisen in einem völlig wasser- und kohlensäurefreien Strome von Ammoniakgas, eine 7 — 11,5 Proc. betragende Gewichtszunahme des ersteren, und überzeugte sich, daß dieselbe von aufgenommenem Stickstoff herrühre. Dieses Stickstoffeisen scheint aber nicht bloß durch die Einwirkung von Kohlenstoff bei höherer Temperatur, sondern auch schon durch letztere allein wieder zersetzt zu werden. — Schafhäutl's älteren Angaben **), daß einige von ihm untersuchte Roheisensorten 0,58 — 1,20 Proc. Stickstoff enthielten, stehen die neueren Untersuchungen Marchand's ***) entgegen, nach welchen in keiner der betreffenden Roheisen- und Stahlsorten ein Stickstoffgehalt entdeckt werden konnte. Zugleich that Marchand dar, daß die anscheinend gute Methode, einen Stickstoffgehalt des Eisens durch Zusammenschmelzen desselben mit Kalium (durch Bildung von Berliner Blau) nachzuweisen, nur dann zu einem richtigen Resultate führen kann, wenn dabei die atmosphärische Luft gänzlich von einer Einwirkung ausgeschlossen wird, indem sonst eine Cyanbildung auf Kosten des Stickstoffs der Luft stattfindet †).

*) Ann. d. Chim. et Phys. T. 42, p. 122. Auch Pogg. Ann. Bd. 17, S. 296.

**) Prechtl's Encyklopäd. Bd. 15, S. 364.

***) Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 49, S. 351.

†) In neuester Zeit hat Buff (Wöhl. u. Lieb. Ann. Neue Reihe, Bd. 7, S. 375) die chem. Zusammensetzung eines von ihm analysirten, aus Rasenerz dargestellten Roheisens mitgetheilt, und dabei einen Stickstoffgehalt von 0,26 Proc. angegeben. Er bediente sich hierbei einer besonderen Methode zur Bestimmung des Stickstoffs.

4) Von den Ursachen der verschiedenen Temperatur und relativen räumlichen Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen und den dadurch hervorgebrachten Wirkungen.

Die in den verschiedenen Ofenzonen (S. 12) vor sich gehenden chemischen Processe, welche nach einander auf die von der Gicht bis zum Heerde niedersinkende Beschickung einwirken, metamorphosiren das starre Erz zu flüssigem Roheisen, dessen chemische und physische Beschaffenheit großentheils von den Einflüssen bedingt wird, denen die Beschickung auf diesem ganzen Umwandlungswege ausgesetzt war. Unter diesen Einflüssen aber spielt die verschiedene Temperatur und relative räumliche Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen in verschiedenen Hohöfen — oder in einem und demselben Hohofen bei verändertem Betriebe — eine der wichtigsten Rollen.

Allgemeine Betrachtung dieser Ursachen.

Suchen wir uns zuerst die Ursachen klar zu machen, welche eine verschiedene Temperatur in gleichnamigen Ofenzonen hervorzubringen vermögen. Die Wärmequelle, welche das Innere eines im Betriebe stehenden Hohofens unausgesetzt mit neuen Wärmemengen versorgt, liegt in der Verbrennungszone. Von hier aus durchströmt ein aufwärts steigender heißer Gasstrom die übrigen Ofenzonen und theilt seine Wärme den Schichten des Brennmaterials und der Beschickung mit. Die ganze Masse der letzteren bewegt sich — als wärmeabsorbirende, allmälig an ihrem unteren Ende verzehrte, oben aber wieder nachwachsende Säule — diesem erhitzenden Gasstrome langsam entgegen und wirkt auf solche Weise *abkühlend nach unten*, während der Gasstrom *erwärmend nach oben* wirkt. Jede Temperatur-Veränderung in der Verbrennungszone pflanzt sich daher aufwärts bis zur Gicht fort, und jede Temperatur-Veränderung in irgend einer der anderen Zonen sowohl aufwärts als niederwärts. Diese Fortpflanzung lokaler Steigerung oder Abnahme der Temperatur geschieht — weil die Bewegung des Gasstromes eine weit schnellere ist, als die der Brennmaterial- und Beschickungssäule — nach oben ungleich schneller und merklicher, als nach unten. Eine Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur in der Vorwärmzone macht ihren Einfluß zwar allmälig bis in die unteren Theile des Ofenschachtes geltend, aber in sehr abnehmendem Maße, während eine Veränderung im Hitzgrade der Schmelzzone sich in kurzer Zeit nach oben verbreitet, und sich deutlich bis in die Vorwärmzone zu erkennen giebt.

Ursachen d. verschiedenen Temperaturen gleichnam. Ofenzonen.

Wir haben daher die Ursachen, welche eine verschiedene Temperatur gleichnamiger Ofenzonen bewirken, theils in der variablen Temperatur der Verbrennungszone, theils in der mehr oder weniger abkühlenden (wärmeabsorbirenden) Wirkung der Beschickungs- und Brennmaterialsäule zu suchen. Indem wir uns gewisse Abschnitte aus den Lehren von den Brennmaterialien und

Wärmebeförderungsmitteln, wie sie im ersten Theile dieses Werkes abgehandelt wurden, in's Gedächtniß zurückrufen, ergeben sich als derartige Ursachen hauptsächlich folgende:

Beschaffenheit des Brennmaterials.

1) Beschaffenheit des Brennmaterials. Je höheren pyrometrischen Wärme-Effekt das betreffende Brennmaterial besitzt (je kohlenstoffreicher und dichter die Kohlen sind), desto mehr wird die Temperatur in der Verbrennungszone gesteigert werden. Eine Zusammenstellung der pyrometrischen Wärme-Effekte verschiedener Brennmaterialien ist in den Tabellen XV und XVI (Bd. I, S. 374 und 378) gegeben worden. Von dem Einfluß der Feuchtigkeit und des Zerkleinerungsgrades, sowie von der Wärme-Capacität der Brennmaterialien auf die Ofentemperatur wird weiter unten (s. Beschaffenheit der Beschickung) die Rede seyn.

Relative Menge des Brennmaterials.

2) Relative Menge des Brennmaterials. Da die durch Verbrennung des Brennmaterials entwickelte Wärme zur Schmelzung und überhaupt zur chemischen Verarbeitung der Beschickung verwendet wird, so ist es klar, daß die mittlere Temperatur, welche in jeder Ofenzone herrscht, von der relativen Gewichtsmenge des Brennmaterials (im Verhältniß zur Beschickung) abhängig seyn muß. In der — ganz mit Kohle angefüllten — Verbrennungszone wird sich diese Wirkung nicht direkt äußern, wohl aber in den anderen Zonen, in welchen eine in der chemischen Verarbeitung befindliche Beschickung wärmeabsorbirend wirkt und dadurch auch auf die Temperatur der Verbrennungszone influirt, indem hier eine um so weniger vorgewärmte Kohle zur Verbrennung gelangt, je größer jene Wärme-Absorption ist (Bd. I, S. 475).

Beschaffenheit d. Gebläseluft.

3) Beschaffenheit der Gebläseluft. Pressung und Erhitzung der Gebläseluft erhöhen den pyrometrischen Wärme-Effekt (Bd. I, S. 453 und 477). Eine Gebläseluft, welche Wasserdampf (hygroskopische Feuchtigkeit), Kohlensäure oder andere dergleichen Beimengungen enthält, vermag keinen so hohen Hitzgrad zu erzeugen, wie eine von solchen Beimengungen freie.

Relative Menge d. Gebläseluft.

4) Relative Menge der Gebläseluft. Auf welche Art hierdurch der Hitzgrad erhöht wird, ist Bd. I, S. 464 gezeigt worden. Weder die Menge, noch die Pressung des in einen Ofen eingeblasenen Windes ist jedoch bloß von derjenigen Menge und Pressung abhängig, welche sich auf die unmittelbar aus der Düse kommende Gebläseluft bezieht, sondern auch die Größe der Formöffnung und die Lage der Düse sind hierbei zu berücksichtigen. Es ist nämlich einleuchtend, daß die im Gestell eines Hohofens befindlichen Gase, welche hier durch die unausgesetzte Thätigkeit des Gebläses in einem gewissen Grade der Compression erhalten werden, sich in einem desto weniger comprimirten Zustande befinden, je mehr ihnen Gelegenheit zu einem theilweisen Entweichen aus der Form geboten wird. Je größer die Querschnitts-Differenz zwischen der Düsenmündung und Formöffnung, je mehr offener

Raum also für das Zurückschlagen des Windes — oder das Entweichen der Gase — bleibt, desto geringer wird die Compression im Gestell seyn, und desto weniger lebhaft wird das Aufwärtsströmen der Ofengase vor sich gehen. Ferner ist diese Lebhaftigkeit des Ausströmens auch von der Entfernung abhängig, in welcher sich Düsenmündung und Formöffnung von einander befinden (Bd. I, S. 449). Es kann daher Hohöfen geben, deren Gebläse gleich stark gepreßte und relativ gleich große Windmengen liefern, ohne daß hierdurch gleiche Wirkungen ausgeübt werden. Nur durch eine geschlossene Form (d. h. geschlossenen Raum zwischen Düse und Form) läßt sich die volle Wirkung erreichen. Auf einigen englischen Eisenhüttenwerken (z. B. Gartsherrie-Ironworks in Schottland, Ystalyfera-Ironwork bei Swansea) bedient man sich derartiger Formen.

5) Beschaffenheit der Beschickung. Wir haben hierbei sowohl die Beschaffenheit der Erze als die der Zuschläge in's Auge zu fassen. Erze, welche in feuchtem, ungeröstetem Zustande auf die Gicht gegeben werden, deprimiren die Temperatur im Ofenschachte, indem die sich aus ihnen entwickelnden Gasarten und Dämpfe Wärme binden, und dadurch eine Abkühlung bewirken, welche sich zunächst in der Vorwärm- und — im Fall schwerer auszutreibende flüchtige Stoffe vorhanden sind — in der Reduktionszone äußert, sich von hier aus aber, in mehr oder weniger abnehmendem Maße, durch den ganzen Ofenschacht verbreitet. Ein Gleiches gilt von den Zuschlägen. Bedient man sich als eines solchen des Kalksteins, so zieht die in der Reduktionszone vor sich gehende Austreibung der Kohlensäure eine entsprechende Abkühlung des Ofens nach sich, welcher Uebelstand bei Anwendung von gebranntem Kalk vermieden wird. Feuchtes Brennmaterial hat in dieser Beziehung natürlich dieselbe Wirkung, wie eine feuchte Beschickung. Der Zerkleinerungsgrad der Beschickung (das Volum der einzelnen Stücke derselben) übt einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Ofen-Temperatur aus. Wird die Beschickung in sehr kleinen Stücken, zum Theil vielleicht sogar in pulverförmigem Zustande angewendet, oder besitzt ihre Masse so wenig Festigkeit, daß sie in den unteren Theilen des Ofenschachtes von der darauf lastenden Beschickungs- und Brennmaterial-Säule zu Pulver zerdrückt wird, so wird dadurch der aufsteigende Gasstrom, welcher die in der Verbrennungszone erzeugte Wärme den anderen Zonen zuführen soll, mehr oder weniger auf seinem Wege zur Gicht gehemmt, durchströmt nicht alle Theile des Ofeninnern gleichmäßig, sondern sucht sich vielleicht sogar einen Ausweg aus dem Gestell des Ofens. Im letzteren Falle bemerkt man ein Zurückschlagen des Windes aus den Formen und eine starke Tümpelflamme. Die unmittelbare Folge dieses abnormen Weges der Ofengase ist ein geringerer und zugleich ungleichförmiger Hitzgrad in den verschiedenen Zonen. Derselbe Uebelstand tritt bei Anwendung eines zu wenig festen — zu leicht zerdrückbaren — Brennmaterials, wie z. B.

Beschaffenheit d. Beschickung.

schlechte Holzkohle, ein. — Bei der Beschaffenheit des Brennmaterials und der Beschickung kommt auch die Wärme-Capacität (specifische Wärme) derselben in Betracht. Der ganze, aus diesen Substanzen bestehende Inhalt des Ofens muß durch die aufsteigenden heißen Gase allmälig bis fast zum Schmelzpunkte des Roheisens erhitzt werden. Daß dies um so leichter geschieht, je geringer die Wärme-Capacität der betreffenden Stoffe ist, ergiebt sich von selbst. Es verdienen daher folgende Daten Berücksichtigung.

	Wärme-Capacität.
Eisenoxyd	0,165
Eisenoxydoxydul	0,168
Quarz	0,188
Feldspath	0,191
Stahl	0,118
Eisen	0,114
Kohk	0,201
Holzkohle	0,242
Asche der Brennmaterialien	0,200

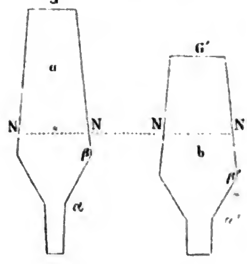
Wir ersehen daraus, daß die specifische Wärme der Brennmaterialien größer ist als die der Beschickung, und die der Holzkohlen größer als die der Kohks. Letztere wirken also weniger wärmeabsorbirend auf den heißen Gasstrom und erlangen eher eine gewisse Temperatur als Holzkohlen; sie werden daher auch in einem mehr vorgewärmten Zustande in die Verbrennungszone gelangen. Ferner ergiebt sich das nicht uninteressante Resultat, daß ein und dieselbe Beschickung desto mehr Wärme absorbirt, also die Temperatur in den oberen Ofenzonen verhältnißmäßig um so niedriger erhält, je mehr Brennmaterial zu ihrer Verschmelzung angewendet wird. Natürlich aber wird diese niedere Temperatur der oberen Ofenzonen durch den, in Folge des größeren Brennmaterial-Quantums, erhöhten Hitzgrad im unteren Theile des Ofens mehr als aufgehoben.

Beschaffenheit des Ofens.

6) Beschaffenheit des Ofens. In welcher Weise diese einen Einfluß auf die Ofentemperatur ausübt, ergiebt sich aus folgender Betrachtung. Man denke sich zwei gleichartige Beschickungen mit derselben Art und Menge Brennmaterial und unter Anwendung gleichgroßer und gleichgepreßter Windmengen in zwei Hohöfen von verschiedener Construktion verschmolzen. Zunächst wollen wir in letzterer Beziehung annehmen, daß der eine dieser Oefen *a* mit einem engeren Gestell als der andere *b* versehen sey. Da aus den Verbrennungszonen beider Oefen, zufolge der obigen Bedingungen, gleiche Quantitäten erhitzter Gase emporsteigen, so müssen dieselben in dem — engeren — Gestell des Ofens *a* eine größere Geschwindigkeit besitzen, als in dem — weiteren — des Ofens *b*. Während einer gegebenen Zeit wird daher eine gewisse Quantität Brennmaterial und Beschickung im Gestellraume

des Ofens a mit einer größeren Menge heißer Gase in Berührung kommen, und folglich stärker erhitzt werden, als im Gestellraume des Ofens b. Enge Gestellräume erhöhen also die Temperatur in der Schmelzzone. Ferner wollen wir uns vorstellen, daß zwei gleichartige Beschickungen unter den erwähnten Bedingungen in zwei Hohöfen von gleichem cubischen Inhalt, aber von verschiedenen Querschnitten und Höhen verschmolzen werden. Aus den eben angegebenen Gründen wird alsdann im engeren

Fig. 122.



und höheren Ofen a in irgend einem Niveau NN eine höhere Temperatur herrschen, als in einem correspondirenden Niveau $N'N'$ des Ofens b, während aus den Gichten G und G' die Gase mit gleicher Temperatur ausströmen. Folglich wird die Temperatur eines Hohofens durch einen engen Schachtraum in gewisser Beziehung erhöht. Beide specielle Sätze, in Betreff der Gestell- und Schachträume, lassen sich durch folgenden allgemeineren Satz zusammenfassen. In Hohöfen von verschiedener Construktion, aber gleicher Capacität, in denen die nämlichen Beschickungen unter gleichen Verhältnissen verschmolzen werden, verhalten sich die Temperaturen in gleichen Höhen über dem Form-Niveau annähernd umgekehrt wie die Schacht-Querschnitte an diesen Stellen. Genau ist dies, wie leicht einzusehen, nur dann der Fall, wenn der obere und der untere Rastwinkel α und β des einen Ofens diesen Winkeln α' und β' des anderen Ofens gleich sind, und wenn die Rast- und Gestellräume beider Oefen gleiche Höhe haben. — Ferner hat auch die Beschaffenheit der Ofenmauern Einfluß auf die im Ofen herrschende Temperatur. Eine Erniedrigung der letzteren wird veranlaßt durch undichte, feuchte, überhaupt durch zu sehr wärmeabsorbirende Ofenwände, sowie endlich durch Ableitung von Ofengasen (Gichtgasen) zu gewissen Zwecken. Je tiefer der Ort ist, wo irgend eine derartige Abkühlung hervorgebracht wird, desto größer ist ihre Wirkung. Die Ableitung der Ofengase, wenigstens aus tiefer liegenden Stellen, hat man daher in neuerer Zeit so gut wie gänzlich aufgegeben (Bd. I, S. 531).

Die richtige Auffassung des ganzen Hohofenprocesses ist wesentlich davon abhängig, daß man sich eine klare Einsicht in die Ursachen der verschiedenen Temperatur gleichnamiger Ofenzonen verschafft, und daß man diese Ursachen geordnet vor sich aufstellt. Wir können dieselben zunächst in zwei Hauptabtheilungen bringen, je nachdem sie eine Erhöhung oder Erniedrigung

der Temperatur zur Folge haben. Jede dieser Abtheilungen zerfällt alsdann in zwei Unterabtheilungen, indem wir berücksichtigen, ob die betreffende Temperatur-Veränderung sich hauptsächlich von unten nach oben (besonders von der Verbrennungszone nach der Gicht) oder umgekehrt von oben nach unten fortpflanzt. In solcher Weise gelangen wir zu folgender Gruppirung:

Zusammenstellung der Ursachen der Temperatur-Erhöhung.

A. Ursachen der Temperatur-Erhöhung.

a. Von unten aufwärts wirkend.

1) Brennmaterial von hohem pyrometrischen Wärme-Effekt (in Bezug auf den Zustand, in welchem es in der Schmelzzone anlangt).
2) Große relative Menge des Brennmaterials.
3) Stark gepreßte und erhitzte Gebläseluft.
4) Große relative Menge der Gebläseluft.
5) Reinheit der Gebläseluft.
6) Enger und hoher Ofen.

b. Von oben niederwärts wirkend.

1) Geröstetes und trocknes Erz.
2) Trockne Zuschläge; gebrannter Kalkstein.
3) Vollkommen verkohltes und trocknes Brennmaterial.
4) Richtiger Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung; feste Beschaffenheit derselben.
5) Fehlerfreie Beschaffenheit der Ofenmauern.
6) Nichtableitung von Ofengasen.

Zusammenstellung der Ursachen der Temperatur-Erniedrigung.

B. Ursachen der Temperatur-Erniedrigung.

a. Von unten aufwärts wirkend.

1) Brennmaterial von geringem pyrometrischen Wärme-Effekt.
2) Kleine relative Menge des Brennmaterials.
3) Schwach gepreßte und wenig erhitzte oder kalte Gebläseluft.
4) Kleine relative Menge der Gebläseluft.
5) Unreinheit der Gebläseluft.
6) Weiter und niedriger Ofen.

b. Von oben niederwärts wirkend.

1) Ungeröstetes und feuchtes Erz.
2) Feuchte Zuschläge; ungebrannter Kalkstein.
3) Unvollkommen verkohltes und feuchtes Brennmaterial.
4) Unrichtiger Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung; mürbe Beschaffenheit derselben.
5) Fehlerhafte Beschaffenheit der Ofenmauern.
6) Ableitung von Ofengasen.

Ursachen d. verschiedenen Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen.

Aus der Thatsache, daß die Temperatur gleichnamiger Ofenzonen eine verschiedene seyn kann, ergiebt sich die variable räumliche Ausdehnung dieser Zonen schon aus dem Grunde, daß ja die Zonengrenzen großentheils von der Temperatur abhängig sind. Um dieses Verhältniß zur vollkommensten Anschauung zu bringen, wollen wir uns nacheinander folgende vier extreme Fälle denken; jedoch zur Vereinfachung der Betrachtung unter der vorläufigen Annahme, daß das Volum der Reduktionszone und die Beschaffenheit der Erze in allen vier Fällen dieselben bleiben.

Erster extremer Fall.

Erster Fall. Angenommen, daß bei einem Hohofen sämmtliche, in der vorstehenden Uebersicht sub A, a, 1 — 6 und sub A, b, 1 — 6 angeführte Ursachen der Temperatur-Erhöhung in Wirksamkeit seyen, so wird in Folge dieser Umstände in jedem Theile des Ofenschachtes der höchstmögliche Hitzgrad eintreten. In der Verbrennungszone wird sich derselbe auf das absolute Maximum steigern; es wird die Grenze zwischen der Schmelz- und Kohlungszone die größtmögliche Höhe über dem Form- (oder Heerd-) Niveau erreichen, und auch in Betreff der anderen Zonengrenzen eine ähnliche Erhöhung stattfinden. Die Volum-Vergrößerung der Verbrennungs- und Schmelzzone wird durch die Anwendung von Kohk oder Anthracit noch ganz besonders begünstigt, indem diese Brennmaterialien, vermöge ihrer größeren Dichtheit, einer schnellen Verzehrung durch die Gebläseluft weniger ausgesetzt sind, als die sehr porösen Holzkohlen. Es wird daher die Umwandlung der in der Verbrennungszone gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxyd langsamer vor sich gehen, und folglich die hierdurch bewirkte bedeutende Temperatur-Erniedrigung (S. 19) erst in einem höher liegenden Niveau eintreten. Während aber, durch diese Niveau-Erhöhung, die Kohlungs- und Reduktionszone nach oben rücken, kann dies nur auf Kosten der Vorwärmzone geschehen, deren Volum sich dadurch zum Minimum verkleinert. Der Haupteffekt aller jener wirkenden Ursachen ist also: Maximum-Volum der Verbrennungs- und Schmelzzone; Minimum-Volum der Vorwärmzone.

Zweiter extremer Fall.

Zweiter Fall. Eine Vorstellung entgegengesetzter Art, nämlich Annahme der Wirksamkeit aller sub B, a, 1 — 6 und sub B, b, 1 — 6 angeführten Ursachen der Temperatur-Erniedrigung, hat die entgegengesetzte Folge: Minimum-Volum der Verbrennungs- und Schmelzzone; Maximum-Volum der Vorwärmzone.

Dritter extremer Fall.

Dritter Fall. Als solchen können wir uns die gleichzeitige Thätigkeit der sub A, a, 1 — 6 angeführten aufwärts wirkenden Ursachen der Temperatur-Erhöhung und der sub B, b, 1 — 6 angeführten niederwärts wirkenden Ursachen der Temperatur-Erniedrigung vorstellen. Einerseits ist hier also Tendenz zur Erreichung des Maximum-Volums der Verbrennungs- und Schmelzzone, andererseits aber zugleich auch Tendenz zur Erreichung des

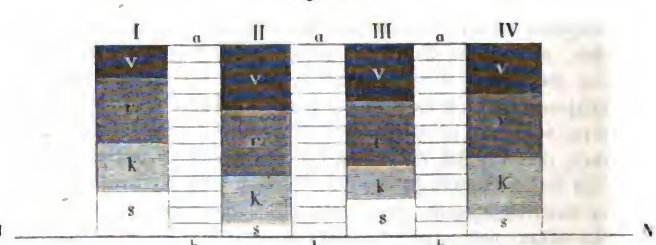
Maximum-Volums der Vorwärmzone vorhanden. Da nun, zufolge unserer Annahme, die Reduktionszone ihr Volum nicht verändert, so muß folglich das **Minimum-Volum der Kohlungszone** eintreten.

Vierter extremer Fall.

Vierter Fall. Als letzter extremer Fall bleibt nur die Umkehrung des vorigen übrig: gleichzeitige Thätigkeit der sub B, a, 1 — 6 angeführten **aufwärts** wirkenden Ursachen der Temperatur-**Erniedrigung** und der sub A, b, 1 — 6 angeführten **niederwärts** wirkenden Ursachen der Temperatur-**Erhöhung**. Daraus ergiebt sich: Tendenz zur Erreichung des Minimum-Volums der Verbrennungs- und Schmelzzone, sowie zugleich Tendenz zur Erreichung des Minimum-Volums der Vorwärmzone. Aus beiden folgt: **das Maximum-Volum der Kohlungszone.**

Zur Veranschaulichung jener vier Fälle dient folgende Figur.

Fig. 123.



I, erster Fall; II, zweiter Fall; III, dritter Fall; IV, vierter Fall. *v*, Vorwärmzone; *r*, Reduktionszone; *k*, Kohlungszone; *s*, Schmelz- und Verbrennungszone. Die ideale bildliche Darstellung veranschaulicht die höhere oder niedere Lage der verschiedenen Zonengrenzen über dem Heerd-Niveau *HN*. Die verschiedenen Zonenvolume — welche durch die Parallel-Linien *a b* gemessen werden — stehen natürlich nicht in dem richtigen Verhältniß zu einander, sondern wurden so gewählt, um die charakteristischen Unterschiede um so mehr in die Augen fallend zu machen. Man erblickt in:

I, das Maximum-Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* und das Minimum-Volum der Vorwärmzone *v*.

II, das Minimum-Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* und das Maximum-Volum der Vorwärmzone *v*.

III, das Minimum-Volum der Kohlungszone *k* (das Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* etwas unter dem Maximum).

IV, das Maximum-Volum der Kohlungszone *k* (das Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* etwas über dem Minimum).

Modifikationen dieser vier Fälle.

Denken wir uns die bei jedem unserer vier Fälle gemachten Bedingungen in ihrem ganzen Umfange zur Wirkung gelangt, bleibt also jene Annahme von dem sich gleichbleibenden Volum der Reduktionszone und der sich gleichbleibenden Beschaffenheit der Erze unberücksichtigt, so werden dadurch mancherlei Modifikationen des 2ten, 3ten und 4ten Falles hervorgebracht, welche zur Folge haben, daß die in Fig. 123 von diesen Fällen gegebenen bildlichen Darstellungen sich mehr oder weniger verändern. Lassen wir z. B. im 2ten Falle sämmtliche sub B, a. 1 — 6 und sub B, b, 1 — 6 angeführte Ursachen der Temperatur-Erniedrigung eintreten, so ist klar, daß das Volum der Reduktionszone größer werden muß als im ersten Falle; und zwar schon deswegen, weil die geringe relative Menge des Brennmaterials (B, a, 2) bewirkt, daß auf eine bestimmte Quantität Erz im 2ten Falle ein geringeres Quantum reducirender Gase kommt als im 1sten. Tritt aber noch ein unrichtiger (zu großer) Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung (B, b, 4.) hinzu, so wird von jener an und für sich schon geringen Quantität reducirender Gase ein noch geringerer Theil zur Wirkung gelangen, die Reduktionszone also noch mehr anwachsen. Und besteht endlich die Beschickung aus schwer reducirbaren Erzen, während sie im ersten Falle aus leichter reducirbaren bestand, so wird das Anwachsen der Reduktionszone in noch höherem Maße stattfinden. Die ganze Volum-Zunahme der Reduktionszone wird eine entsprechende Volum-Verminderung der Kohlungszone nach sich ziehen, jedoch nicht vollkommen entsprechend, indem das schwach gekohlte Eisen einen höheren Hitzgrad zu seiner Schmelzung erfordert als das stärker gekohlte, die mehrfach beschränkte Kohlungszone des 2ten Falles sich also hierdurch etwas vergrößert. Aehnliche Modifikationen der Zonengrenzen lassen sich für den 3ten und 4ten Fall ableiten. Diese Ableitung selbst liegt uns aber weniger als Zweck vor, als vielmehr die Erlangung der Ueberzeugung: daß die räumliche Ausdehnung der verschiedenen Zonen im Innern eines Hohofens durch die Wirkung gewisser Ursachen sehr großen Verschiedenheiten unterworfen ist. Durch die vorhergegangenen Betrachtungen dürften wir diese Ueberzeugung so weit erlangt haben, um einzusehen, daß es sicherlich nicht zwei Hohöfen giebt, in denen die relative, geschweige denn die absolute Größe der Zonenvolume eine gleiche genannt werden kann.

Wirkungen der versch. Temperatur u. Ausdehn. gleichnam. Zonen.

Wir kommen nun zum zweiten Theil unserer Frage. Welche Wirkungen werden durch die verschiedene Temperatur und relative räumliche Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen hervorgebracht? Und zwar 1) in Bezug auf die Quantität und 2) in Bezug auf die Qualität des erzeugten Roheisens. Die Quantität des Roheisens, welche ein Hohofen innerhalb einer gegebenen Zeit producirt, nennt man seine absolute Produktion.

Von den fünf Ofenzonen, welche das Innere eines Hohofens bilden, wir-

a. Hinsichtlich der Quantität d. Roheisens (absolute Produktion).

ken vier ausschließlich vorbereitend und nur eine direkt producirend. Letztere ist die Schmelzzone. In den drei obersten Ofenzonen wird das Erz vorgewärmt, reducirt und das reducirte Eisen zu einer stahlartigen Masse gekohlt; und die Verbrennungszone liefert so zu sagen die Kraft, welche zu dieser chemischen Arbeit erforderlich ist. Welches Volum und welche Temperaturen diese vier Zonen besitzen, ist, wenn es sich allein um größtmöglichste Quantität des producirten Roheisens handelt, an und für sich gleichgültig. Je mehr aber der räumliche Inhalt der Schmelzzone wächst und je höher der in ihr herrschende Hitzgrad steigt, desto mehr geschmolzenes Roheisen wird in einer gegebenen Zeit producirt werden (Bd. I., S. 453, 460, 464 und 480). Von den oben angeführten vier Hauptfällen ist es also der erste Fall, welcher das Maximum und der zweite, welcher das Minimum des producirten Roheisen-Quantums nach sich zieht.

Mittel zur Vermehrung der absoluten Produktion, begründet in:

Die absolute Produktion spielt eine der wichtigsten Rollen in der Oekonomie des Hohofenprocesses. Je mehr Roheisen ein Hohofen in einer gegebenen Zeit producirt, desto geringer werden verhältnißmäßig gewisse Kosten der Darstellung ausfallen. Das Bestreben des Eisenhüttenmannes muß deshalb darauf gerichtet seyn, das Volum der Schmelzzone im Hohofen so weit zu vergrößern, als es durch Anwendung von Mitteln geschehen kann, welche weder zu kostbar, noch der Qualität des dargestellten Roheisens nachtheilig sind. Die S. 42, sub A, a und A, b angegebenen Ursachen der Temperatur-Erhöhung geben uns solche Mittel an die Hand; nur muß hierbei, wie sogleich gezeigt werden soll, mit Auswahl und Vorsicht zu Werke gegangen werden.

1) Relative Menge des Brennmaterials.

Eine große relative Menge des Brennmaterials (A, a, 2) findet dadurch bald ihre Grenze, daß der Gewinn, welcher durch die größere absolute Produktion entsteht, durch den vermehrten Brennmaterial-Verbrauch wieder aufgehoben werden kann. Diese Grenze kann auf verschiedenen Hüttenwerken, je nach dem Verhältnisse zwischen Arbeitslöhnen und Brennmaterialkosten eine sehr verschiedene seyn.

2) Capacität d. Gebläseluft.

Eine stark erhitzte Gebläseluft (A a, 3), abgesehen von den durch sie verursachten Kosten, ist von nachtheiligen Folgen auf die Güte des ausgebrachten Roheisens, und führt eine baldige Erweiterung (Ausschmelzung) des Gestelles herbei. Durch stark gepreßte Gebläseluft werden ähnliche Wirkungen, doch jedenfalls in geringerem Grade hervorgebracht. Einer großen relativen Menge der Gebläseluft (A, a, 4), so wirksam und unschädlich dieses Mittel erscheinen mag, darf man sich abermals nur bis zu einem gewissen Grade bedienen. So ausgemacht und leicht begreiflich es ist, daß die absolute Produktion eines Hohofens, bei sonst sich gleichbleibenden Umständen, durch vermehrtes Windquantum erhöht werden kann, so gewiß ist es auch,

Grenze dieses Mittels.

daß die Produktion nicht in demselben Verhältnisse zunimmt, in welchem man die Windmenge vermehrt, sondern daß es vielmehr bei jedem Hohofen

eine Grenze giebt, über welche hinaus die Steigerung des Windquantums keine entsprechende und überhaupt keine beträchtliche Produktions-Erhöhung mehr zur Folge hat. Der Grund hiervon ist nicht schwer zu finden. Je mehr Wind ein Ofen in einer gegebenen Zeit erhält, desto mehr Brennmaterial wird innerhalb dieser Zeit verbrennen, und man würde, wenn es sich hier bloß um das Schmelzen einer Masse von bestimmter Schmelzbarkeit handelte, ohne Zweifel auch eine entsprechend vermehrte Menge an Schmelzprodukt erhalten. Das reducirte Eisen im Hohofen hat aber einen variablen Schmelzpunkt, der sich großentheils nach der Menge des Kohlenstoffs richtet, welchen dasselbe bereits vor der Schmelzung aufgenommen hat (S. 17). Je mehr man den Gang des Schmelzens beschleunigt, desto weniger Zeit wird dem reducirten Eisen zu jener Kohlung gelassen; es geht um so schneller durch den Kohlungsraum, und gelangt als ein weniger gekohltes und dadurch strengflüssigeres Eisen in die Schmelzzone. Nehmen wir beispielsweise an, daß ein solches Eisen erst bei 1900° C. schmelze, während ein höher gekohltes schon bei 1600° C. in Fluß geräth. Bei dem langsameren Ofengange und dem höher gekohlten Eisen wird alsdann die Schmelzzone denjenigen Raum im Gestell umfassen, in welchem eine Temperatur von 1600° C. und darüber herrscht, während dieselbe bei dem beschleunigten Ofengange und dem schwach gekohlten Eisen nur einen Raum einnimmt, der von der Temperatur 1800° C. begrenzt wird. Was man also durch beschleunigten Schmelzgang einerseits an absoluter Produktion zu gewinnen trachtet, kann andererseits durch größere Strengflüssigkeit des Eisens wieder eingebüßt werden. Ein Hohofen, welcher — bei gleicher Beschickung und sonst überhaupt gleichen Verhältnissen — ein beträchtlich größeres Windquantum als ein anderer erhält, besitzt in diesem Windquantum unläugbar eine entsprechend größere produktive Kraft, als jener andere; aber derselbe hat in dem schwächer gekohlten und dadurch strengflüssigeren Eisen auch einen beträchtlich größeren Widerstand zu überwinden; einen Widerstand, welcher der vermehrten Menge der Gebläseluft endlich so zu sagen über den Kopf wächst. Während sich daher bei Oefen, die mit sehr geringer Windmenge betrieben werden, eine Vermehrung derselben entschieden vortheilhaft zeigt, kann dies bei Oefen, die bereits größere Windmengen erhalten, nur einen mehr oder weniger unerheblichen Einfluß auf die absolute Produktion äußern, ja selbst ökonomisch nachtheilig seyn. Es läßt sich nämlich annehmen, daß die innerhalb eines gegebenen Zeitraumes in einem Ofen verbrannten Brennmaterialmengen ungefähr in demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie die während eines solchen Zeitraumes eingeblasenen Wind-Quantitäten. Nun wächst aber die absolute Produktion in einem abnehmenden Verhältnisse mit der Zunahme der Windmenge, und folglich wird sich bei einer gewissen Quantität der letzteren ein größerer re-

lativer Brennmaterial-Verbrauch herausstellen. Absolute Produktion, vermehrtes Windquantum und relativer Brennmaterial-Verbrauch stehen in einer derartigen Beziehung zu einander, daß das für einen bestimmten Hohofenbetrieb in ökonomischer Hinsicht beste Verhältniß derselben großentheils von lokalen Umständen (Arbeitslöhnen, Materialkosten u. s. w.) bedingt wird. Am weitesten darf man im Allgemeinen die Vermehrung der Windmenge bei einer locker liegenden Beschickung treiben, welche reine und leicht reducirbare Erze enthält, die nach der Reduktion eine poröse, sich leicht kohlende Eisenmasse bilden. Ein solches Eisen wird selbst bei sehr beschleunigter Schmelzung noch hinreichende Zeit zur Kohlung finden. Eine dicht liegende Beschickung, sowie unreine und schwer reducirbare Erze, setzen dagegen einer Steigerung des Windquantums sehr bald entschiedene Grenzen.

a) Ofen-Construktion.

Ein enger und hoher Ofen (A, a, 6), als Mittel zur Vermehrung der absoluten Produktion, ist nur insoweit anwendbar, als das Aufsteigen der Ofengase innerhalb seiner Schmelzsäule nicht durch seine Höhe zu sehr erschwert, und als es die geringe Weite seines Gestelles, durch die Schmelzbarkeit der Gestellwände, sowie durch andere Umstände, nicht unzweckmäßig macht. Da die Höhe des Ofens durch jene Bedingung begrenzt wird, so wird man auch dem Schachte eine gewisse Weite ertheilen müssen, um eine bestimmte absolute Produktion möglich zu machen. — Sämmtliche andere Mittel der Temperatur-Erhöhung — als da sind: Brennmaterial von hohem pyrometrischen Wärme-Effekt, Reinheit der Gebläseluft, geröstetes und trocknes Erz, trockne Zuschläge und gebrannter Kalkstein, vollkommen verkohltes und trocknes Brennmaterial, richtiger Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung, sowie feste Beschaffenheit derselben, fehlerfreie Beschaffenheit der Ofenmauern und Nichtableitung von Ofengasen — können natürlich im uneingeschränktesten Maße angewendet werden.

b) Hinsichtlich d. Qualität des Roheisens.

In Betreff der Qualität des ausgebrachten Roheisens wird es am zweckmäßigsten seyn, bei jedem einzelnen der vier gedachten Fälle zunächst alle Einflüsse unberücksichtigt zu lassen, welche durch besondere Beschaffenheit und zufällige Nebenbestandtheile der Beschickung und des Brennmaterials hervorgerufen werden, und dann erst die Modifikationen zu ermitteln suchen, welche eine Folge jener besonderen Umstände sind.

Qualität des Roheisens im ersten extremen Falle.

Im ersten Falle wird ein mit Kohlenstoff übersättigtes, bei langsamer Abkühlung zu graphitreichem grauen Roheisen erstarrendes Produkt erzeugt werden; und dies nicht allein deswegen, weil sich in der Kohlungszone hinreichende Gelegenheit zur Umwandlung des reducirten Eisens in eine stahlartige Masse darbietet, sondern besonders dadurch, daß die große räumliche Ausdehnung und hohe Temperatur der Schmelzzone die Uebersättigung des geschmolzenen Eisens mit Kohlenstoff im höchsten Grade begünstigen (S. 18). — Dieselben Ursachen, welche dies bewirken, werden veran-

lassen, daß das Roheisen eine beträchtliche Menge Silicium (sowie vielleicht auch geringe Quantitäten von Aluminium und Calcium) in sich aufnimmt, wodurch sich bei der Erstarrung um so mehr Graphit ausscheiden wird (S. 24 u. 25). Ein Gleiches gilt vom Phosphor (S. 26. u. 27), wenn die Beschickung phosphorhaltig ist. Es giebt Roheisensorten, welche hinsichtlich ihres Graphitreichthums als sehr graues Roheisen betrachtet werden müssen, bei denen aber nichts desto weniger das zwischen den Graphitpartien befindliche, chemisch mit Kohlenstoff verbundene Eisen weit weniger Kohle als gewöhnlicher Stahl enthält. In solchen Fällen hat die Gegenwart von Silicium, Phosphor u. s. w. es verhindert, daß bei der Erstarrung eine größere Menge Kohle mit dem Eisen verbunden blieb (S. 27). — Ein übergroßer Phosphor- und Schwefelgehalt der Beschickung und des Brennmaterials kann es bewirken, daß selbst in diesem ersten, der Erzeugung von grauem Roheisen günstigsten Falle weißes Roheisen gebildet wird.

Qualität des Roheisens im zweiten extremen Fall.

Im zweiten Falle, in welchem das Minimum-Volum und die niedrigste Temperatur der Schmelzzone stattfinden, kann sich nur ein kohlenstoffarmes weißes Roheisen bilden. Dieses Roheisen hat seinen geringen Kohlegehalt größtentheils schon in der Kohlungszone aufgenommen, denselben aber in der Schmelzzone — wegen des Minimum-Volums derselben — nicht beträchtlich vermehrt. — Ein so gewonnenes Eisen wird nur sehr wenig Silicium enthalten. Sein Gehalt an Phosphor wird sich weniger nach dem des Brennmaterials und der das Erz begleitenden Gebirgsart, sondern hauptsächlich nach dem des Erzes selbst richten (S. 27). Je mehr Phosphor und Schwefel vorhanden sind, desto kohlenstoffärmer und weißer wird es ausfallen. Durch das hygroskopische Wasser der Gebläseluft — wie es der zweite Fall voraussetzt — wird ein Theil des Schwefels entfernt werden, das Roheisen also unter sonst gleichen Umständen weniger schwefelhaltig seyn, als im ersten Falle.

Qualität des Roheisens im dritten extremen Fall.

Im dritten Falle wird ein graues Roheisen gewonnen werden, doch weniger graphitreich als das unter den Verhältnissen des ersten Falles erzeugte. Seinen Gehalt an (chemisch gebundenem und als Graphit ausgeschiedenem) Kohlenstoff hat es hauptsächlich erst nach seiner Schmelzung — in der Schmelzzone — aufgenommen, da die Beschränkung der Kohlungszone hierzu keine günstige Gelegenheit bot. — Auch der Siliciumgehalt wird nicht ganz die Höhe wie im ersten Fall erreichen, weshalb ein solches Roheisen an chemisch gebundenem Kohlenstoff reicher seyn kann, als ein unter Wirkung sämmtlicher Ursachen der Temperatur-Erhöhung (A, a, 1 — 6 und A, b, 1 — 6) gewonnenes. An Phosphor dürfte dieses Eisen, bei sonst gleichen Umständen, jedenfalls mehr enthalten, als das unter den Verhältnissen des zweiten Falles erzeugte. Hinsichtlich des Schwefels

findet dies ohne Zweifel statt, da die vorausgesetzte Trockenheit der Gebläseluft eine theilweise Entfernung desselben nicht begünstigt.

Qualität des Roheisens im vierten extremen Fall.

Im vierten Falle, besonders wenn wir dabei eine Beschickung von schwer reducirbaren — also die Kohlungszone beschränkenden — Erzen voraussetzen, wird sich ein weißes Roheisen bilden, weniger kohlenstoffarm als im zweiten Falle, weil dasselbe, wegen des größeren Volums der betreffenden Zonen, in der Kohlungszone mehr Kohlenstoff aufgenommen und in der Schmelzzone auch um etwas mehr erhöht hat, als jenes. Bei leicht reducirbaren Erzen — beim absoluten Maximum-Volum der Kohlungszone — wird entweder ein noch weniger kohlenstoffarmes, oder vielleicht sogar schon ein graues Roheisen producirt werden. — Auch der Siliciumgehalt dieses Eisens wird etwas höher ausfallen, als im zweiten Falle, der Schwefelgehalt dagegen geringer, und der Phosphorgehalt unter der Voraussetzung geringer, daß derselbe weniger vom Erze selbst, als vom Brennmaterial und der das Erz begleitenden Gebirgsart herrührt (S. 27). — Denken wir uns das Extrem des vierten Falles dadurch gemindert, daß eine gewöhnliche kalte Gebläseluft von geringer Pressung, aber ausreichender Menge, eine gewöhnliche weiche Holzkohle und ein reichliches, oder doch jedenfalls nicht zu knappes Verhältniß dieser Kohle zur Beschickung (natürlich zugleich ohne Ableitung von Ofengasen) zur Anwendung kommen, so haben wir die Verhältnisse gewisser kleinen Hohöfen, wie sie in guter alter Weise noch in so manchen holzreichen Gegenden — unter dem Aechzen und Stöhnen der Bälge! — betrieben werden. Diese Oefen produciren ein nicht sehr graphitreiches, wenig siliciumhaltiges graues Roheisen, welches, wenn die Beschickung in keinem beträchtlichen Grade schwefel- und phosphorhaltig ist, eine ausgezeichnet zähfeste Beschaffenheit besitzt, und beim Frischen mit geringem Abgange ein vortreffliches Stabeisen liefert. Werden leicht reducirbare, schwefel- und phosphorfreie Erze, namentlich Spatheisensteine, unter ähnlichen Umständen verschmolzen, so erhält man Spiegeleisen. Die Produktion von grauem Roheisen in dieser Weise, so zweckmäßig sie in Betreff der Qualität des ausgebrachten Eisens erscheint, ist in neuerer Zeit mehr und mehr dadurch beschränkt worden, daß durch die so außerordentlich gesteigerte Concurrenz in der Roheisen-Erzeugung die producirte Quantität sehr — wohl fast allzusehr — in den Vordergrund gestellt wird.

5) Von der Erzeugung der verschiedenen Arten des Roheisens.

Die Gründe, aus denen man in einigen Fällen graues und in anderen weißes Roheisen erzeugt, sowie die Verfahrungsarten, durch welche wir die

Erzeugung dieser verschiedenen Eisensorten bis zu einem gewissen Grade in unserer Gewalt haben, können nicht eher richtig aufgefaßt werden, als bis man sich eine genaue Kenntniß der wesentlichen Verschiedenheiten beider Eisengattungen und ihrer Abarten erworben hat. Letzteres setzt aber wieder eine Einsicht in die Theorie des Hohofenprocesses voraus, wie sie in den vorhergehenden Abschnitten gegeben wurde. Durch diesen streng vorgeschriebenen Gang der Betrachtung sind wir daher genöthigt, in den gegenwärtigen Abschnitt eine nochmalige Definition der verschiedenen Arten des Roheisens einzuflechten, und dabei zu ergänzen, was an der früher gegebenen Definition mangelhaft bleiben mußte.

Spiegeleisen.

Spiegeleisen (Spiegelfloß, Spangeleisen, Rohstahleisen, Rohstahlfloß, Hartfloß, weißgaares oder dünngrelles Roheisen) von normaler Beschaffenheit läßt sich als ein Kohlenstoffeisen von der Zusammensetzung $Fe^4 C$ (entsprechend 5,10 Proc. Kohlenstoff, gewöhnlich aber etwas mehr, bis zu 5,80 Proc. enthaltend) betrachten. Es ist dasjenige Eisen, welches sich durch den Hohofenproceß mit Kohlenstoff vollkommen gesättigt hat, ohne dabei beträchtliche Mengen gewisser anderer Bestandtheile — namentlich Silicium, Phosphor und Schwefel — aufgenommen zu haben. Wären diese aufgenommen worden, dann würde kein Spiegeleisen, sondern entweder graues oder kohlearmes weißes Roheisen entstanden seyn, indem diese fremden Beimischungen, wie wir im dritten Abschnitte sahen, theils auf eine geringere Kohlenstoffaufnahme (Schwefel, Phosphor), theils auf Graphit-Abscheidung (Silicium, Phosphor) hinwirken.—

Geeignetste Erze zur Gewinnung d. Spiegeleisens.

Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß das Spiegeleisen nur aus Erzen gewonnen werden kann, die so frei von Schwefel und Phosphor sind, wie es beim Spatheisenstein der Fall zu seyn pflegt; und die außerdem nicht mit Quarz oder Silicaten innig gemengt vorkommen, da dies eine Reduktion der Kieselerde und Bildung einer größeren Quantität Siliciumeisen unvermeidlich machen würde. Die Darstellung des Spiegeleisens aus derartigen reinen Erzen bedingt ferner eine besondere Art der Schmelzung, deren Principien darauf hinauslaufen, das reducirte Eisen möglichst viel Kohlenstoff und möglichst wenig Silicium aufnehmen zu lassen, und dasselbe keiner Verunreinigung durch schädliche Bestandtheile des Brennmaterials und der Zuschläge auszusetzen. Die Kohlung des Eisens im Hohofen findet aber, wie wir früher erfuhren, in zwei Perioden statt. Ein Theil des Kohlenstoffs wird vom Eisen vor der Schmelzung, in der Kohlungszone, ein anderer Theil nach der Schmelzung, in der Schmelzzone, aufgenommen. In der Kohlungszone ist keine Gefahr hinsichtlich der Reduktion von Silicium vorhanden, namentlich wenn die Erze nicht mit Kieselerde oder Silicaten imprägnirt sind; dagegen ist eine solche Reduktion in der Schmelzzone, wo flüssiges Kohlenstoffeisen mit geschmolzener Schlacke in Berührung kommt, nicht zu

umgehen. Um den vorgedachten Zweck zu erreichen, wird es daher erfordert, das Eisen möglichst viel Kohlenstoff **vor der Schmelzung** aufnehmen zu lassen, d. h. eine Art des Schmelzprocesses zu wählen, bei welcher ein großes Volum der Kohlungszone angestrebt wird, so wie dasselbe **nach der Schmelzung** weder einer zu hohen Temperatur (zu umfangreichen Schmelzzone), noch einer zu hoch silicirten Schlacke auszusetzen. Die Aufnahme einer beträchtlichen Menge von Kohlenstoff vor der Schmelzung wird bei den Spatheisensteinen durch ihren (nach der Röstung) hohen Grad der Porosität und die sich daraus hinsichtlich der Reduktion (Bd. I., S. 588) und Kohlung (S. 5) ergebenden günstigen Verhältnisse außerordentlich erleichtert; ein hoher Hitzgrad in der Schmelzzone läßt sich aber bei diesen Erzen um so eher vermeiden, als dieselben, wegen ihres Mangangehaltes, zur Bildung einer leichtflüssigen Schlacke (S. 33) sehr geneigt sind. Aus diesem Grunde wird es nie gelingen, aus einem schweren reducirbaren Erz, wie z. B. Eisenglanz, selbst wenn es ganz frei von Phosphor und Schwefel vorkommen sollte, wirkliches Spiegeleisen zu erzeugen; und zwar um so weniger, wenn es von schwer schmelzbarer Gangart begleitet wird. Daß man zur Verschmelzung der geeigneten Erze auf Spiegeleisen keine Kohks anwenden darf, ergiebt sich nicht allein aus dem meist zu beträchtlichen Schwefelgehalt derselben, sondern auch daraus, daß dieselben die Temperatur in der Schmelzzone leicht zu sehr erhöhen könnten. Dagegen ist die Anwendung von Holzkohlen mit dem erheblichen Nutzen verbunden, daß die alkalireiche Asche derselben zur Bildung von Cyankalium und dadurch zu einer erhöhten Kohlung des Eisens Veranlassung giebt. Als Haupt-Bedingungen zur Darstellung von Spiegeleisen und verwandten Eisensorten aus **dazu geeigneten Erzen** ergeben sich folglich: **großes Volum der Kohlungs- und kleines Volum der Schmelzzone** (s. den vorigen Abschnitt: Vierter Fall); **Anwendung von Holzkohlen als Brennmaterial; leichtflüssige, nicht hoch silicirte Schlacke.**

Geeignetstes Brennmat. zur Verschmelzung d. Spiegeleisens.

Werden Spatheisensteine — oder andere leicht reducirbare und leicht schmelzbare, schwefel- und phosphorfreie Erze — nicht ganz nach den eben aufgestellten Principien verschmolzen, so kann einerseits ein weniger kohlenstoffreiches Spiegel- oder weißes Eisen, andererseits aber auch graues Roheisen daraus erhalten werden. Sind die Bedingungen zur möglichst hohen Kohlung des Eisens vor der Schmelzung nicht hinreichend erfüllt, wie z. B. durch zu geringes Brennmaterial-Quantum, so bildet sich ein Kohlenstoffeisen, dessen Kohlegehalt mehr oder weniger beträchtlich unter 5 Proc. liegt, und welches sich dann nach dem Erstarren in höherem oder geringerem Grade verschieden vom normalen Spiegeleisen zeigt. Am nächsten dem Spiegeleisen steht der sogenannte **blumige Floß**, von strahlig blumiger — nicht mehr geradflächig spiegelnder — Textur. Ein blumiger Floß aus Steyermark gab

Blumiger und luckiger Floß.

bei der Analyse 4,92 Proc. Kohlenstoff*), ein anderer dergleichen nach Schafhäutl**) 3,62 Kohlenstoff; ein großluckiger Floß enthielt nach Schafhäutl 4,26 und ein kleinluckiger Floß, nach demselben, 3,18 Proc. Kohlenstoff (Bd. I., S. 581 u. 582). Alles luckige Roheisen (luckiger Floß, Weichfloß oder dickgrelles Roheisen) läßt sich daher als ein Spiegeleisen betrachten, mit noch geringerem Kohlegehalt als der blumige Floß. Die Eigenthümlichkeit dieses Eisens, mit größeren oder kleineren Blasenräumen in seinem Innern zu erstarren, steht mit seiner chemischen Natur im Zusammenhange. Der Kohlenstoffgehalt desselben ist nicht mehr groß genug, um es beim Ausfließen aus dem Heerde, wobei es im flüssigen Zustande mit Luft und Feuchtigkeit in Berührung kommt, vor einer theilweisen — gewöhnlich mit Funkensprühen begleiteten — Verbrennung zu schützen. In Folge dieser Oxydation und der Zerlegung von Luft und Wasser bilden sich Gasblasen, welche nicht alle aus dem Eisen entweichen können, da diese Eisenart die charakteristische Eigenschaft besitzt, bereits längere Zeit vor ihrem Erstarren eine sehr dickflüssige Beschaffenheit anzunehmen, und durch einen breiartigen Zustand in den festen überzugehen. Daher der Name: dickgrelles Roheisen, im Gegensatze zu dem dünngrellen — dünnflüssigeren — Spiegeleisen. In einem schwefelhaltigen weißen Roheisen können sich zwar ebenfalls Blasenräume erzeugen (S. 29), allein nicht leicht in der Menge und Art wie beim luckigen Floß, da das geschmolzene schwefelhaltige Roheisen, vor dem Erstarren wohl dickflüssig wird, aber doch nicht jenen breiartigen Zustand durchläuft. Noch weniger aber kann dies bei dem durch seine Dünnflüssigkeit ausgezeichneten phosphorhaltigen Eisen der Fall seyn. — Graues Roheisen läßt sich aus Spatheisensteinen und ähnlichen Erzen dadurch gewinnen, daß man die Beschickung durch zweckmäßig gewählte Zuschläge strengflüssiger macht und der Schmelzzone eine höhere Temperatur ertheilt als zur Bildung von Spiegeleisen erforderlich, wodurch nicht allein Aufnahme von Silicium, sondern auch Uebersättigung mit Kohlenstoff erfolgt. Ein solches Roheisen besitzt jedoch, wenn es nicht bei sehr hoher Temperatur erblasen und sehr siliciumhaltig geworden ist, stets eine stärkere Tendenz zum Weißwerden, als das aus anderen Erzen dargestellte graue Roheisen. Leichter als aus reinem Spatheisenstein, läßt sich aus thonigem oder kieseligem Sphärosiderit graues Roheisen gewinnen.

Graues Roheisen aus Spatheisenstein.

Nicht jedes Eisen, welches das Aussehen des Spiegeleisens besitzt, hat die chemische Constitution desselben. Eine krystallinisch blättrige Textur, wie sie das Spiegeleisen zeigt, rührt nicht stets von chemisch gebundenem Kohlenstoff allein her, oder wird wenigstens durch die Gegenwart gewisser anderer Stoffe

Dem Spiegeleisen ähnliches Roheisen.

*) Karsten's Eisenhüttenk. Bd. I., S. 592.

**) Prechtl's Technol. Encyklopäd. Bd. 15, S. 402.

nicht verhindert. Letzteres ist z. B. bei dem sogenannten Spiegeleisen von Alais der Fall, in welchem Schafhäutl 5,80 Proc. Kohlenstoff, 4,05 Arsenik, 1,86 Silicium, 0,65 Schwefel, 0,11 Aluminium und 0,87 Stickstoff (?) fand (Bd. I., S. 581). Enthielte dieses Eisen keinen Arsenik, so würde es bei seinem beträchtlichen Siliciumgehalt ohne Zweifel einen Theil seines Kohlenstoffs als Graphit ausgeschieden haben; es hätte sogar wohl schwerlich eine solche Quantität Kohlenstoff aufgenommen, da sich hierbei ein Schwefelgehalt von 0,65 Proc. als Hinderniß entgegenstellte. Die Gegenwart des Arseniks hat daher sowohl die Wirkung des Siliciums, als die des Schwefels paralysirt. Man kann sich vorstellen, daß in diesem Eisen der Schwefel einestheils mit einer entsprechenden Menge Arsenik $As\, S^2$ und anderentheils mit Aluminium zu $Al\, S^2$ verbunden ist. Solchenfalls erfordern 0,11 Aluminium 0,13 Schwefel, und die übrigen 0,52 Schwefel sind mit 1,21 Arsenik vereinigt. Es bleiben daher noch 2,84 Arsenik. Wären diese mit Silicium zu $Si\, As$ verbunden, so würde dazu 1,67 Silicium erfordert, was der wirklich vorhandenen Menge des Siliciums sehr nahe kommt. Es ließe sich hieraus folgern, daß die Bildung der Verbindung $Fe^4\, C$ nicht beeinträchtigt wird durch die Beimischung gewisser Mengen von $As\, S^2$, $Al\, S^2$ und $Si\, As$. Ein so gemischtes Produkt kann aber, selbst wenn es — was nicht ermittelt ist — in morphologischer Hinsicht genau mit $Fe^4\, C$ übereinstimmen sollte, in metallurgischer Beziehung nicht mehr auf die Benennung von Spiegeleisen Anspruch machen.

Die aus Spatheisenstein, sowie aus gewissen Sphärosideriten und sehr reinen — meist durch Verwitterung von Spatheisenstein gebildeten — Brauneisensteinen (sogenannten Braunerzen) unter Anwendung von Holzkohle gewonnenen Roheisensorten bilden eine besondere Gruppe, welche sich von den übrigen Arten des Roheisens durch fast gänzlichen Mangel an Phosphor und Schwefel, theils auch durch geringeren Siliciumgehalt unterscheidet, während sie zugleich, wegen des gewöhnlichen Mangangehaltes der genannten Erze, manganhaltig zu seyn pflegt. Ueberdies fehlen dieser Gruppe in der Regel jene kleinen Mengen von Erdmetallen (Aluminium, Calcium, Magnesium), welche von verschiedenen Analytikern vorzugsweise in den bei höherem Hitzgrade erzeugten Roheisenarten nachgewiesen worden sind.

Das aus anderen, theils unreineren, theils schwerer reducirbaren und strengflüssigeren Erzen dargestellte Roheisen, zu dessen näherer Betrachtung wir jetzt übergehen, läßt sich zunächst in die beiden umfassenden Abtheilungen des **weißen** und **grauen Roheisens** bringen. In ihrer generellsten Bedeutung begreift erstere auch das Spiegeleisen und seine Abarten in sich; doch ist es jedenfalls zweckmäßiger, unter weißem Roheisen nur dasjenige Eisen dieser Art zu verstehen, welches aus Erzen der eben angegebenen Be-

schaffenheit erzeugt wurde. Dadurch entgeht man der Verwechslung zweier Eisensorten, welche, außer ihrer Farbe, wenig mit einander gemein haben.

Weißes Roheisen.

Das weiße Roheisen (Weißeisen) ist ein mit Kohlenstoff chemisch verbundenes, mehr oder weniger phosphor- und schwefelhaltiges Eisen, dessen Kohlegehalt zwischen 2,5 Proc. und 3,5 Proc. zu liegen pflegt. Selten beträgt derselbe mehr als 3,5, mitunter aber noch weniger als 2,5 Proc. In einem weißen Roheisen von Malapane wurden 4,12 Proc. *), in einem dergleichen von Alais 2,75, in einem dergleichen von Creuzot 1,91, und in einem dergleichen von Firmy sogar nur 1,40 Proc. Kohlenstoff durch die chemische Analyse aufgefunden (Bd. I., S. 582). An Schwefel und Phosphor enthielten diese letzteren Eisensorten:

	Schwefel.	Phosphor.
(2,75 Kohle)	0,38	?
(1,91 »)	1,11	?
(1,40 »)	0,30	2,30

Mit einer Zunahme des Schwefel- und Phosphorgehaltes ist eine Abnahme des Kohlegehaltes verbunden. Ferner pflegt das weiße Roheisen nur geringe Menge von Silicium, wenigstens geringere als das graue Roheisen, zu enthalten. Dieses ganze Mischungs-Verhältniß wird durch die gedachte Natur der Erze bedingt, und durch die Art, auf welche man das weiße Roheisen daraus darstellt. Wie schon mehrfach erwähnt, erfordert die Darstellung des weißen Roheisens eine ähnliche Leitung des Hohofenprocesses, wie die des Spiegeleisens, besonders eine nicht zu hohe Temperatur (ein nicht zu großes Volum) der Schmelzzone. Wenn die fremden Beimengungen und die schwerere Reducirbarkeit der Erze es nicht verhinderten, würde bei einem solchen Schmelzgange Spiegeleisen oder doch eine der weniger kohlereicheren Abarten desselben gebildet werden.

In der hüttenmännischen Praxis unterscheidet man hauptsächlich zwei genetisch verschiedene Arten des weißen Roheisens, nämlich das von gaarem und das von übersetztem oder rohem Gange (Rohgang) des Hohofens.

Weißes Roheisen v. gaarem Gange.

Weißes Roheisen von gaarem Gange nennt man dasjenige, welches, obgleich bei niederer Temperatur der Schmelzzone, doch bei einem regelmäßigen und gutartigen Ofengange erfolgt ist, und unter diesen Umständen daher stets von gaarer Schlacke begleitet wird, d. h. einer gewöhnlich lichten und stark durchscheinenden, jedenfalls aber nur wenig eisenhaltigen, saigeren Schlacke (Bd. I., S. 40). Es setzt dieser Ofengang ein nicht zu knappes Verhältniß des Brennmaterials zum Erze voraus.

Weißes Roheisen v. rohem Gange.

Weißes Roheisen von übersetztem oder rohem Gange, an einigen Orten grelles Roheisen genannt, entsteht bei einer zu großen Menge des Erzes im Ver-

*) Karsten's Eisenhüttenk. Bd. I., S. 592.

hältniß zum Brennmaterial, bei zu geringem Hitzgrade der Schmelzzone und zu kleinem Volum der Kohlungszone oder bei mehr oder weniger gehemmtem Aufsteigen der heißen Gase durch die Beschickungs- und Brennmaterialsäule in Folge fehlerhafter Beschaffenheit des Brennmaterials und der Beschickung (S. 39). Durch einen oder mehrere dieser Umstände tritt der sogenannte Rohgang des Ofens ein, d. h. es gelangt entweder schwach gekohltes — vor kurzer Zeit erst reducirtes — Eisen oder sogar unvollständig reducirtes Erz bis in die Schmelzzone, und verursacht hier, indem es mit schmelzendem Kohleeisen in Berührung kommt, die Bildung eines kohlearmen Eisens, welches seinen flüssigen Zustand nur durch einen gewissen Gehalt an Schwefel oder Phosphor zu behaupten vermag. Ist dieser Gehalt nicht beträchtlich, so kann unter solchen Verhältnissen sogar ein förmliches Frischen des Roheisens vor der Form, und ein Ansetzen von Frischeisen im Gestell eintreten. Daß hierdurch eine rohe Schlacke, d. h. eine mehr oder weniger dunkle eisenhaltige, und wegen dieses Eisengehaltes leichtflüssige Schlacke entstehen muß, ist einleuchtend. In Folge des oxydirenden Einflusses, welchen der Rohgang — theils durch den Contakt von schmelzendem Kohleeisen mit unvollkommen reducirtem Erz, theils durch Wirkung der Gebläseluft in dem mit Kohlen nicht hinreichend gefüllten Gestell — auf das Schmelzprodukt ausübt, ist das roh erblasene Eisen nicht allein ärmer an Kohlenstoff, sondern auch gewöhnlich ärmer an Silicium als das gaar erblasene. Wegen seines geringeren Siliciumgehaltes würde dasselbe, in Bezug auf Stabeisenfabrikation, vor letzterem den Vorzug verdienen, wenn der Schmelzgang, bei welchem es erzeugt wird, längere Zeit fortgeführt werden könnte, ohne eine Versetzung des Ofens und gänzliches Aufhören des Schmelzprocesses befürchten zu lassen. — Man kann noch eine dritte Art des weißen Roheisens unterscheiden, und zwar unter der Benennung weißes Roheisen von heißgaarem Gange. Diese Art des Eisens erfolgt aus sehr unreinen Erzen bei einem Schmelzgange, der, obwohl man ihn nicht als Gaargang ansehen kann, doch auch als kein wirklicher Rohgang betrachtet werden darf. Wenn nämlich der Schwefel- und Phosphorgehalt der Erze so beträchtlich ist, daß selbst bei hohem Hitzgrade und großem Volum der Schmelzzone, sowie bei hinreichendem Brennmaterial-Quantum, kein graues, sondern weißes Roheisen gebildet wird, so läßt sich dies keinem Rohgange zuschreiben. Die Schlacke kann hierbei wohl einen größeren Eisengehalt als eine normale Gaarschlacke besitzen, allein ihr fehlen doch manche andere Charaktere einer rohen Schlacke. Ganz besonders ist sie, wenn es der Beschickung nicht an Kalk mangelte, durch einen hohen Schwefelgehalt ausgezeichnet, welcher sich beim Begießen der flüssigen Schlacke mit Wasser durch Aufblähen und Schwefelwasserstoff-Entwickelung zu erkennen giebt. Wenn auch andere Schlacken dieselbe Eigenschaft besitzen können, so zeigt sie sich doch bei der

Weißes Roheisen von heißgaarem Gange.

heißgaaren Schlacke in höherem Grade. Das heißgaar erblasene weiße Roheisen unterscheidet sich nicht bloß durch seinen großen Schwefel- und Phosphorgehalt von anderem weißen Roheisen, sondern es ist zugleich stets durch eine größere Menge beigemischten Siliciums charakterisirt, die es vermittelst der hohen Temperatur und des großen Volums der Schmelzzone aufgenommen hat. Dies ist z. B. bei dem mit Kohks erblasenen weißen Roheisen von Firmy der Fall, welches, nach Berthier (Bd. I., S. 582), nur 1,40 Kohlenstoff, dagegen 0,30 Schwefel, 2,30 Phosphor und nicht weniger als 4,10 Silicium enthielt.

Unterschied d. verschiedenen Arten d. weißen Roheisens durch d. Farbe.

Die verschiedenen Arten des weißen Roheisens sind nicht von ganz gleicher Nüance der Farbe; jedoch ist dieser Unterschied meist zu gering, als daß man daraus, selbst wenn dabei andere Charaktere zu Hülfe genommen werden, mit Sicherheit auf die innere (chemische) Beschaffenheit des betreffenden Eisens zu schließen vermöchte. Das Spiegeleisen besitzt eine rein weiße (silberweiße) Farbe. Eine Abnahme des Kohlenstoffgehaltes bewirkt eine Annäherung an die Farbe des Stahls, welche aber durch Vorhandensein von mehr oder weniger Silicium und Phosphor eine leichtere (bläuliche), durch Vorhandensein von Schwefel eine dunklere Nüance erhält, und zwar im letzteren Fall mit einem Stich in's Gelbliche oder Bräunliche. Um solche Nüancen zu unterscheiden, dazu gehört nicht allein ein geübtes Auge, sondern es wird auch erfordert, daß man vollkommen frische Bruchstücke der betreffenden Eisensorten unmittelbar nebeneinander vergleicht *). Jedoch bleibt auch solchenfalls stets zu berücksichtigen, daß die fremden Beimischungen in sehr verschiedener Combination ihrer Mengen auftreten können, und daß ganz ähnliche Nüancen von verschiedenen dieser Combinationen hervorgerufen werden.

Brennmaterial z. Gewinnung des weißen Roheisens.

Das zur Darstellung des weißen Roheisens verwendete Brennmaterial kann sehr verschiedener Art seyn. Man bedient sich dazu der Holzkohlen, Kohks, Steinkohlen, mitunter auch des gedarrten und rohen Holzes. Unvollkommen verkohlte und nicht verkohlte Brennmaterialien sind insofern hierzu geeignet, als sie den Ofen abkühlen und dadurch die Bildung des weißen Eisens begünstigen; jedoch tritt bei ihrer Anwendung, besonders bei der des Holzes, leicht Rohgang ein. Das mit Kohks erblasene Roheisen ist, unter sonst gleichen Umständen, in dem Verhältnisse unreiner als das mit Holzkohlen erblasene, weil ersteres Brennmaterial — in Bezug auf Schwefel und Phosphor — unreiner als letzteres ist. Gewöhnlich kommt aber noch hinzu, daß bei einem

*) Zu einer solchen Vergleichung kann man sich einige größere Probestücke von bekannter Zusammensetzung vorräthig halten, darunter besonders Spiegeleisen und Stahl. Die Nüance des zu untersuchenden Eisens wird alsdann am besten erkannt, wenn man ein kleines, möglichst dünnes und ebenes Stückchen davon nacheinander auf die verschiedenen Probestücke legt.

Schmelzen mit Kohks nicht leicht ein ganz so niedriger Hitzgrad in der Schmelzzone erhalten werden kann, als bei einem Holzkohle-Schmelzen, und daß folglich auch aus diesem Grunde das Kohks-Roheisen unreiner auszufallen pflegt. In dieser Beziehung hat die Eintheilung aller weißen Roheisensorten in weißes Holzkohle-Roheisen und weißes Kohks-Roheisen Bedeutung, die jedoch theilweise dadurch wieder verloren geht, daß eine unreine Beschickung, mit Holzkohlen verschmolzen, ein schlechteres Roheisen geben kann, als eine reine Beschickung mit Kohks verschmolzen.

Graues Roheisen.

Das graue Roheisen besteht aus einem Gemenge von weißem Roheisen und Graphit. Dieses weiße Roheisen aber, welches die Grundmasse des grauen ausmacht, unterscheidet sich von dem vorgedachten, für sich auftretenden weißen Roheisen durch seine chemische Zusammensetzung, namentlich durch seinen bedeutend größeren Siliciumgehalt. Während das normale weiße Roheisen fast nie über 0,5 Proc. Silicium enthält, beträgt dieser Gehalt beim grauen Roheisen selten unter 1 Proc., steigt oft bis zu 2 Proc. und erreicht mitunter 3 Proc. und mehr. Graues Roheisen mit niederem Siliciumgehalt pflegt um so phosphorhaltiger zu seyn; doch kommt auch graues Roheisen vor, in welchem diese beiden Stoffe in beträchtlicher Menge auftreten. Außerdem scheinen Erdmetalle (Aluminium, Calcium, Magnesium) im grauen Roheisen häufiger vorzukommen als im weißen. Im Allgemeinen läßt sich also das, die Grundmasse des grauen Roheisens bildende weiße Roheisen im Vergleich mit dem für sich auftretenden Eisen dieser Art, als ein an fremden Bestandtheilen in summa reicheres definiren. Diese reichlichere Aufnahme fremder Stoffe, und namentlich des Siliciums, wird durch die Darstellung des grauen Roheisens bei hohem Hitzgrade und großem Volum der Schmelzzone veranlaßt; und in Folge dieses höheren Gehaltes an fremden Bestandtheilen tritt vor dem Erstarren eine Graphitausscheidung ein, indem ein Theil des — ebenfalls in reichlicher Menge aufgenommenen — Kohlenstoffs, wahrscheinlich in Verbindung mit mehr oder weniger Silicium (S. 25), herauskrystallisirt. Der hohe Hitzgrad und das große Volum der Schmelzzone, hervorgebracht durch ein reichliches Verhältniß des Brennmaterials zum Erze und durch eine wenigstens nicht zu geringe Wind-Capacität, sind daher die Hauptbedingungen zur Erzeugung des grauen Roheisens. Wenn mitunter, trotz der Erfüllung dieser Bedingungen, und sogar bei Anwendung erhitzter Gebläseluft, kein graues, sondern weißes Roheisen erfolgt, so kann der Grund hiervor stets nur in einem schlechten Brennmaterial oder einer sehr unreinen Beschickung oder in beiden zugleich liegen.

Eine Eintheilung des grauen Roheisens in verschiedene Arten läßt sich zwar nach analogen Principien wie beim weißen Roheisen in Anwendung bringen, jedoch nicht mit gleichem Erfolge. Dies schon aus dem Grunde nicht, weil natürlich von keinem grauen Roheisen von übersetztem oder rohem

Gange die Rede seyn kann. Ein wirklicher Rohgang ist ohne gleichzeitige Bildung weißen Roheisens nicht möglich. Obgleich aber alles graue Roheisen von einem gaaren Gange herrührt, so kann dieser gaare Gang doch von verschiedener Art seyn und graues Roheisen verschiedener Beschaffenheit liefern. Besonders sind hierbei folgende zwei extreme Fälle zu unterscheiden. Wie wir bereits früher erfuhren (S. 50), läßt sich graues Roheisen auch bei minder hohem Hitzgrade und geringerem Volum der Schmelzzone erzeugen, wenn man nur Sorge trägt, daß dem zu geringen Effekte einer schwächeren Wind-Capacität (d. h. einer geringeren Menge kalter Gebläseluft von nicht hoher Pressung) durch ein reichlicheres Brennmaterial-Quantum das Mangelnde möglichst ersetzt wird. Dies stellt den einen extremen Fall dar. Der andere Fall tritt ein, wenn man bei starker Wind-Capacität (größerer Menge erhitzter Gebläseluft von hoher Pressung) so viel als möglich auf Brennmaterialersparung hinarbeitet. Der erste Fall läßt sich durch die Benennung kaltgaarer Gang, der letztere durch heißgaarer Gang bezeichnen. Zwischen beiden liegt der normale gaare Gang in der Mitte, welcher eine mittlere Wind-Capacität und ein mittleres Brennmaterial-Quantum bedingt. Endlich ist noch der Fall hervorzuheben, in welchem man sich nicht bloß einer hohen Wind-Capacität, sondern zugleich eines reichlichen oder selbst überreichlichen Brennmaterial-Quantums bedient. Wenn auch ein solcher heißgaarer und zugleich übergaarer Gang bei gutartiger Beschickung wohl nur äußerst selten und auch dann nur während kurzer Zeit vorkommen dürfte, so findet man ihn doch mitunter als Resultat von Anstrengungen, welche die Darstellung eines möglichst graphitreichen Roheisens aus unreinen Beschickungen zum Zwecke haben. Alsdann kann dieser heiß- und übergaare Gang in den zuvor erwähnten heißgaaren Gang (S. 56) übergehen, bei welchem nicht mehr graues, sondern weißes Roheisen erfolgt. Ein übergaarer Gang braucht nicht stets in Verbindung mit einem heißgaaren Gange zu seyn; man pflegt sich dieser Benennung vielmehr in allen den Fällen zu bedienen, in denen ein mit Graphit überladenes Roheisen (zuweilen selbst von einer graphithaltigen Schlacke begleitet) erzeugt wird, was auch bei geringerer Wind-Capacität, als sie der heißgaare Gang voraussetzt, geschehen kann, sobald ein gewisses Uebermaß von Brennmaterial vorhanden ist. Nur ein kaltgaarer Gang kann nicht zugleich ein übergaarer seyn. Da aber eine wirkliche Ueberladung des Roheisens mit Graphit ohne unnützen Brennmaterial-Aufwand nicht möglich ist, und daher ein eigentlicher übergaarer Gang nur selten vorkommt und sehr leicht in einen vortheilhafteren Gang umgeändert werden kann, so können wir bei der betreffenden Eintheilung des grauen Roheisens ganz von demselben absehen. Wir haben mithin vorzugsweise nur graues Roheisen von kaltgaarem, von gaarem und von heißgaarem Gange zu unterscheiden.

Verschiedener Ofengang bei Gewinnung des grauen Roheisens.

Graues Roheisen von kaltgaarem Gange.

Das graue Roheisen von kaltgaarem Gange ist zum Theil schon oben (S. 50) als weder sehr graphitreich, noch sehr siliciumhaltig charakterisirt worden. Auch kann dasselbe keinen beträchtlichen Schwefel- und Phosphorgehalt besitzen, weil es sonst nicht die zur Bildung eines grauen Roheisens erforderliche Menge Kohlenstoff hätte aufnehmen können. Zur Ausscheidung dieses Kohlenstoffs als Graphit wird es besonders durch seinen Siliciumgehalt gebracht, den es bei höherer Temperatur und größerem Volum der Schmelzzone, als solche zur Bildung von weißem Roheisen erforderlich gewesen wären, aufgenommen hat. — Das graue Roheisen von gaarem Gange, aus gutartiger (wenig schwefel- und phosphorhaltiger) Beschickung, ist graphitreich und dabei zugleich mehr siliciumhaltig als die vorhergehende Roheisenart. Aus unreinerer Beschickung erblasen, kann es weniger Graphit enthalten, als ein aus gutartiger Beschickung dargestelltes Roheisen von kaltgaarem Gange. — Das graue Roheisen von heißgaarem Gange zeichnet sich stets durch einen hohen Siliciumgehalt aus, während sein Graphitgehalt in den verschiedensten Abstufungen auftreten kann, je nachdem Erze, Zuschläge und Brennmaterial von mehr oder weniger reiner Beschaffenheit waren.

Graues Roheisen von heißgaarem Gange.

Unterscheidung der verschiedenen Arten des grauen Roheisens durch die Farbe.

Nach seinen äußeren Eigenschaften, besonders nach seiner Farbe, läßt sich das graue Roheisen in mehrere Klassen bringen. Eine solche Eintheilung hat aber nur Werth, wenn dabei auf die Art der Darstellung Rücksicht genommen wird. Aus diesem Grunde werden wir in dem Folgenden die Betrachtung des lichtgrauen, grauen und schwarzgrauen Roheisens mit der der betreffenden Darstellungsarten combiniren.

Lichtgraues Roheisen.

Das lichtgraue Roheisen dürfte stets unter 5 Proc., häufig kaum mehr als 1,5 Proc. Graphit enthalten und sein ganzer Kohlenstoffgehalt selten 3 Proc. übertreffen. Ist dasselbe von heißgaarem oder doch gaarem Gange, so ist es entweder durch Phosphor oder durch Schwefel oder durch beide zugleich stark verunreinigt, weil sich sonst bei einem derartigen Gange ein dunkleres Roheisen erzeugt haben würde. Auch enthält es solchenfalls eine beträchtliche Menge Silicium. Eine stärkere Verunreinigung durch Phosphor verräth sich durch seine Sprödigkeit. Von kaltgaarem Gange dagegen, wenn weder seine Farbe zu licht, noch sein Glanz matt erscheint, läßt es auf eine fehlerfreie Beschaffenheit schließen, um so mehr, wenn es mit Holzkohlen dargestellt ist. Wir ersehen hieraus, daß das weiße Roheisen, welches die Grundmasse des lichtgrauen ausmacht, eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben kann, deren Extreme zwischen starker Verunreinigung durch Phosphor, Schwefel und Silicium und geringer Verunreinigung durch diese Stoffe liegen.

Graues Roheisen.

Auch das gewöhnliche graue Roheisen, welches 2 — 3 Proc. Graphit und im Ganzen 3,5 — 4,5 Proc. (Graphit und chemisch gebundenen) Kohlen-

stoff zu enthalten pflegt, kann eine Grundmasse von sehr verschiedener Beschaffenheit besitzen, wiewohl nicht in dem Grade verschieden, wie beim lichtgrauen Roheisen. Denn während dieses bei kaltgaarem, gaarem oder selbst heißgaarem Gange dargestellt seyn konnte, kann das graue Roheisen nur bei gaarem oder heißgaarem Gange gewonnen werden. In ersterem Falle wird es, was einen Gehalt an Schwefel und Phosphor betrifft, von reiner, im anderen von weniger reiner Beschaffenheit seyn. Silicium wird es in beiden Fällen enthalten, im zweiten aber, bei gleicher Beschaffenheit der Beschickung, mehr als im ersten.

Schwarzgraues Roheisen.

Das durch seinen großen Graphitgehalt schwarzgraue Roheisen läßt sich nur bei sehr hoher Temperatur und entsprechendem Volum der Schmelzzone, d. h. bei heißgaarem Gange, darstellen, weil nur unter diesen Verhältnissen Gelegenheit zu einer förmlichen Uebersättigung mit Kohlenstoff geboten wird. Uebersättigt mit Kohlenstoff muß aber ein Eisen genannt werden, welches nach seinem Erstarren manchmal noch mehr als 5 Proc. (Graphit und chemisch gebundenen) Kohlenstoff enthält, obgleich es, wie fast jedes graue Roheisen, vor seinem Erstarren bereits eine mehr oder weniger beträchtliche Menge Graphit auf seiner Oberfläche ausgeschieden hat. Da eine so bedeutende Aufnahme von Kohle voraussetzt, daß das betreffende Eisen keine zu große Menge Phosphor und besonders keinen erheblichen Schwefelgehalt (S. 30) besitzt, so kann es folglich nur aus Erzen von einem gewissen Grade der Reinheit gewonnen werden. Vorzüglich gilt dies bei einem Hohofenbetriebe mit kaltem Winde. Durch stark erhitzte und zugleich stark gepreßte Gebläseluft, in Vereinigung mit allen anderen auf hohe Temperatur der Schmelzzone wirkenden Umständen (S. 43; erster Fall) läßt sich allerdings auch ein weniger reines Eisen mit Kohle übersättigen, oder doch wenigstens ein dunkelgraues Roheisen erzeugen. Die Dunkelheit der Farbe beim grauen Roheisen rührt aber nicht immer ausschließlich von Graphit her, sondern wird auch durch die Farben-Nüance des die Grundmasse bildenden weißen Roheisens, sowie durch die Größe und Anordnung der Graphitblättchen bestimmt. Wohl jedes graphitreiche Roheisen enthält 1 — 2 Proc. Silicium. Steigt der Siliciumgehalt noch höher, dann pflegt — weil sich Silicium und Kohlenstoff gewissermaßen einander ersetzen (S. 24) — der Kohlegehalt wieder abzunehmen.

Geeignetstes Brennmaterial zur Gewinnung des grauen Roheisens.

Die geeignetsten Brennmaterialien zur Darstellung des grauen Roheisens sind die besseren (dichten) Arten der Holzkohlen und die reineren (aschen- und schwefelarmen) und festen Kohksorten. Auch bedient man sich, wie z. B. in einigen Gegenden Englands, mit gutem Erfolge der an flüchtigen Bestandtheilen armen, nicht backenden Steinkohlen hierzu, besonders der Anthracite der Uebergangsformation. Aschenreiche Kohks und Steinkohlen erschweren die Erzeugung des grauen Roheisens sehr, selbst wenn man sie in reichlicher

Menge im Verhältniß zur Beschickung anwendet. Die in den unteren Theilen des Schachtes anlangenden Kohks umgeben sich nämlich allmälig mit einer Aschenkruste, welche nicht allein die weitere Kohlung des flüssigen Eisens behindert, sondern auch die Verbrennung der Kohks und dadurch den Effekt der Gebläseluft und den Hitzgrad der Schmelzzone beeinträchtigt.

Einige Analysen von grauem Roheisen.

Am Schlusse dieser Betrachtung der verschiedenen Roheisensorten mögen hier noch einige Analysen nordamerikanischen grauen Roheisens einen Platz finden, welche von L. Svanberg *) angestellt worden sind und sich durch sorgfältige Bestimmungen der so einflußreichen Nebenbestandtheile auszeichnen. Graphit und chemisch gebundene Kohle wurden nicht einzeln, sondern nur summarisch bestimmt.

	1	2	3	4	5	6
Kohlenstoff .	2,8913	2,3909	3,0529	4,4064	5,3617	6,4797
Silicium . .	0,8293	1,9042	1,3442	1,0350	1,0948	1,9607
Schwefel . .	0,0052	0,0044	0,0028	0,0600	0,0170	0,0023
Phosphor .	0,1592	0,0272	0,1224	0,0017	0,1806	1,4591
Kupfer . .	Spur	—	0,0101	0,0154	0,0235	—

1) Roheisen aus Erzen von Juniata. 2) Roheisen aus Erzen von Long-Mine, Orange Co., New-York. 3) Roheisen aus Erzen von Salisbury, Connecticut. 4) Roheisen vom Hohofen der Lehigh Iron-Company. 5) Roheisen aus Erzen (Magneteisenstein) des Eisenbergs in Missouri. 6) Roheisen vom Anthracit-Hohofen in Donville. In der Roheisensorte 4 fand Svanberg außerdem noch 0,0406 Aluminium und 0,0163 Calcium, und in der Sorte 2 Spuren von Kobalt und Nickel. Aus den Analysen 5 und 6 ersieht man, bis zu welcher bedeutenden Höhe sich der Kohlegehalt bringen läßt. Trotzdem das Eisen von Donville 1,46 Proc. Phosphor enthält, hat man es gleichwohl vermocht, seinen Kohlegehalt bis auf fast 6,5 Proc. zu steigern. Ein solches Resultat läßt sich nur bei Anwendung von Kohk oder Anthracit und bei ausnehmend großer Wind-Capacität erreichen. Die Erze 4, 5 und 6 können in keinem beträchtlichen Grade kieselhaltig (kieselerde- und silicathaltig) gewesen seyn, weil sonst ein gaarer und heißgaarer Gang einen größeren Siliciumgehalt der betreffenden Roheisensorten zur Folge gehabt haben würde. Wäre das Erz, aus welchem das Roheisen 5 dargestellt ist, nicht ein schwer reducirbares (Magneteisenstein), so würde man daraus Spiegeleisen haben gewinnen können. Der geringe Gehalt des Erzes an Schwefel und Phosphor — welcher überdies bei einem auf Spiegeleisen berechneten Schmelzgange in noch kleinerer Menge in das Roheisen übergegangen seyn würde — hätte dies wohl kaum zu hindern vermocht.

Zum leichteren Ueberblick der verschiedenen Arten des Roheisens, welche in dem Vorhergehenden näher charakterisirt wurden, möge folgende tabellarische

*) Berzelius Jahresb. XXVI., S. 198.

Uebersicht dienen. Dieselbe kann nicht den Zweck haben, vollkommen scharfe Grenzen zwischen den betreffenden Eisensorten aufzustellen, da dies — abgesehen von der viel zu geringen Anzahl Roheisen-Analysen, welche uns einstweilen zu Gebote steht — schon deswegen nicht möglich ist, weil derartige Grenzen gar nicht existiren. Wohl aber vermag diese Zusammenstellung ein Bild zu liefern, dessen Umrisse, wenn auch nur schwankend und skizzenhaft, doch gewisse charakteristische Unterschiede deutlich hervortreten lassen. Das weiße Roheisen von heißem Gange ist hierbei, als ein nur ausnahmsweise vorkommendes Produkt, außer Betracht gesetzt worden.

Tabellarische Zusammenstellung der verschiedenen Arten des Roheisens.

	Kohlenstoff (chem. geb.).	Graphit.	Silicium.	Phosphor und Schwefel. (in summa)
Spiegeleisen	5—5½ Proc.	—	bis zu ½ Proc.	sehr wenig.
Blumiger Floß	4—5 Proc.	—	desgl.	desgl.
Luckiger Floß	3—4 Proc.	—	desgl.	mitunter etwas mehr als im Spiegeleisen.
Weißes Roheisen.				
Weißes Roheisen von gaarem Gange	1½—4 Proc.	—	selten über ½ Prc., höchstens b. gegen 1 Prc.	von wenig bis zu 2 Procent und mehr.
Weißes Roheisen von rohem Gange	unter sonst gleichen Umständen wenig. als das weiße Roheis. v. gaarem Gange.	—	unter sonst gleichen Umständen wenig. als das weiße Roheis. v. gaarem Gange.	desgl.
Graues Roheisen.				
Lichtgraues Roheisen v. kaltgaar. Gange	1—1½ Proc.	1—2 Proc.	½—1½ Proc.	nicht beträchtl.
Lichtgraues Roheisen v. gaarem bis heißgaarem Gange	mitunter noch wen. als 1 Proc.	1—2 Proc.	1—3 Proc. und mehr.	beträchtlich (bis zu 2 Procent und mehr).
Graues Roheisen v. gaarem Gange	1—2½ Proc.	2—3 Proc.	½—2 Proc.	wenig, mitunt. sehr wenig.
Graues Roheisen v. heißgaarem Gange	1—2 Proc.	2—3 Proc.	1—3 Proc. und mehr.	unt. sonst gleichen Umständ. mehr als das graue Roheis. von gaarem Gange u. weniger als das lichtgraue Roheisen von heißgaarem Gange.
Schwarzgraues (graphitreichstes) Roheis. v. heißgaar. Gange	1—2½ Proc.	3—4 Proc.	1—3 Proc.	unt. sonst gleichen Umständ. weniger als d. graue Roheisen v. heißg. Gange.

Daß der Siliciumgehalt der verschiedenen Roheisensorten nicht stets im gleichen Verhältnisse mit der Temperatur (der Schmelzzone) zunimmt, bei welcher das Roheisen gewonnen wurde, liegt in zuvor bereits mehrfach angedeuteten Umständen. Es kommt hierbei nicht allein auf die Silicirungsstufe der Schlacke an, sondern auch auf die Beschaffenheit des Erzes, hinsichtlich seiner Imprägnation mit Kieselerde oder Silicaten. Was das an mehreren Stellen der Tabelle angeführte »unter sonst gleichen Umständen« sagen will, wird man leicht finden, wenn man die früher gegebenen Definitionen der verschiedenen Roheisenarten nachliest. So steht in der Tabelle z. B., daß das weiße Roheisen von rohem Gange »unter sonst gleichen Umständen« weniger Kohlenstoff und Silicium als das weiße Roheisen von gaarem Gange enthält. Dies bezieht sich auf ein und dieselbe Beschickung und unveränderte Wind-Capacität bei verschiedenem Ersatz (verschiedenem Verhältniß des Erzes zum Brennmaterial). Vom grauen Roheisen von heißgaarem Gange ist gesagt, daß es »unter sonst gleichen Umständen« mehr Phosphor und Schwefel (in summa) enthalte, als das graue Roheisen von gaarem Gange; womit ausgedrückt werden soll, daß, wenn zwei ähnliche Beschickungen, von denen die eine bei gaarem und die andere bei heißgaarem Gange verschmolzen wird, graues Roheisen von gleicher Farben-Nüance geben, das bei dem erstgenannten Gange erzeugte Roheisen — in Bezug auf einen Phosphor- und Schwefelgehalt — reiner seyn muß als das bei dem letztgenannten Gange erhaltene. —

Zweck der Gewinnung der verschiedenen Arten des Roheisens.

Nachdem wir eine Einsicht in die Bildungsweise der verschiedenen Arten des Roheisens erlangt und zugleich die Möglichkeit eingesehen haben, daß diese Eisensorten, insoweit es die Beschaffenheit der Erze, Zuschläge und Brennmaterialien gestattet, durch besondere Gewinnungsmethoden beliebig dargestellt werden können, wird es sich jetzt darum handeln, in Kürze nachzuweisen, zu welchen Zwecken man gewisse dieser Roheisenarten erzeugt.

Spiegeleisen.

Das Spiegeleisen und seine Abarten eignen sich, wegen ihres außerordentlichen Grades der Reinheit, ganz besonders zur Stahl- und Stabeisenfabrikation. Und zwar ist dies um so mehr der Fall, als es mit seiner Reinheit die Eigenschaft verbindet, aus seinem geschmolzenen Zustande durch Abkühlung in einen breiartigen überzugehen, was den Proceß des Frischens bedeutend erleichtert. Zur Darstellung von Stahl wählt man meist das wirkliche Spiegeleisen, während man zur Stabeisengewinnung die weniger kohlenstoffreichen Abarten desselben (besonders luckige Flossen) verwendet. Es geschieht dies aus Gründen, welche später angegeben werden sollen.

Weißes Roheisen.

Das weiße Roheisen, wenn es aus reineren Erzen mittelst Holzkohle oder nicht zu unreiner Kohks gewonnen wurde, bietet ähnliche günstige Verhältnisse dar, welche dasselbe wenigstens zur Stabeisenfabrikation geeignet

machen. Aber selbst bei weniger reiner Beschaffenheit desselben ist man, in Ermangelung eines besseren Materials, oftmals genöthigt, dasselbe hierzu anzuwenden. Theils wegen seiner Sprödigkeit, theils aus anderen Ursachen ist es zur Anfertigung der meisten Gußwaaren nicht brauchbar.

Graues Roheisen.

Das graue Roheisen dagegen besitzt alle Eigenschaften, welche es zum Gießereibetriebe tauglich machen. Vorzugsweise gilt dies von den nicht zu unreinen, weder zu silicium- noch schwefelhaltigen Sorten. Zugleich aber ist das reinere graue Roheisen für die Stabeisenfabrikation ein sehr brauchbares Material, und das reinste — aus strengflüssigen reinen Erzen, wie z. B. Magneteisenstein, erzeugte — für die Stahlfabrikation von Wichtigkeit. Zur Gießerei mittelst Umschmelzung in Cupolöfen wählt man die graphitreicheren Arten des grauen Roheisens, da durch das Umschmelzen stets ein Theil des Kohlegehaltes verloren geht.

B. Von den Vorarbeiten zur reducirenden Schmelzung der Eisenerze.

Die im vorigen Abschnitte gegebene chemische Theorie des Hohofenprocesses stellt es deutlich heraus, daß es in Bezug auf die möglichst vollkommene Ausführung dieses Processes von großer Wichtigkeit ist, in welchem Zustande der Reinheit, Porosität und Zerkleinerung die Eisenerze zur Verschmelzung im Hohofen angewendet werden. Alle zu Gebote stehenden ökonomisch ausführbaren Mittel, welche die Eisenerze vor ihrer Verschmelzung an schädlichen Bestandtheilen ärmer und der Wirkung der reducirenden und kohlenden Gasarten zugänglicher machen, dürfen bei einem rationellen Hüttenbetriebe nicht versäumt werden.

Vorarbeiten in Betreff der Reinigung der Erze.

Zu den schädlichen Bestandtheilen, welche durch zweckmäßige Vorarbeiten aus den Erzen mehr oder weniger entfernt werden können, gehören zunächst Schwefel und Arsenik; in ausgedehnterer Beziehung aber auch Wasser und Kohlensäure. Letztere üben, wenn sie vor der Verschmelzung der Erze nicht ausgetrieben werden, insofern einen schädlichen Einfluß auf den Hohofenproceß aus, als sie die Temperatur im Ofenschachte deprimiren (S. 39). Zur Verminderung eines Phosphorgehaltes in den Erzen ist bisher kein Mittel bekannt. — Der in den Eisenerzen vorhandene Schwefel rührt theils von eingemengten Schwefelmetallen (Schwefelkies, Kupferkies u.s.w.), theils von eingemengten schwefelsauren Salzen (Schwerspath, Gyps u. s. w.) her. Ersterenfalls kann, durch Verwitterung und Röstung der Erze, der Schwefelgehalt vermindert, letzterenfalls dagegen nur ein Gehalt an auflöslichen Salzen, wie Gyps, durch Auslaugung mehr oder weniger entfernt werden. Der in Schwefelarsenikmetallen (besonders Arsenikkies) oder arsensauren Salzen (arsensaures Eisenoxyd) enthaltene und als solche den

Erzen beigemengte Arsenik unterliegt ebenfalls einer theilweisen Verflüchtigung durch den Röstproceß, und desgleichen werden Wasser und Kohlensäure dadurch ausgetrieben.

Vorarbeiten in Betreff der Vermehrung der Porosität der Erze.

Die Vermehrung der Porosität der Erze, wodurch dieselben der reducirenden und kohlenden Wirkung der Hohofengase zugänglicher gemacht werden, läßt sich ebenfalls sowohl durch Verwitterung als durch Röstung erreichen, doch nicht bei allen Eisenerzen in gleichem Grade.

Vorarbeiten in Betreff der Zerkleinerung der Erze.

Welchen schädlichen Einfluß eine zu starke Zerkleinerung der Erze auf den Hohofenproceß ausübt, wurde bereits oben (S. 39) auseinandergesetzt. Fast ebenso schädlich ist es, Erzstücke von zu großem Volum anzuwenden. Auch hier entsteht der Nachtheil, daß die vollkommene Reduktion derselben erschwert wird, in Folge dessen ein unreducirter oder doch schwach gekohlter Kern in den Erzstücken bleibt, welcher bis in die Schmelzzone gelangt und hier die Bildung eines weißen (kohlearmen) Roheisens veranlaßt. Die Zerkleinerung der Erze geschieht theils durch Pochen, theils durch Quetschen (Walzen); sie wird erleichtert, wenn die Erze zuvor durch Verwitterung oder Röstung mürbe gemacht sind.

Als Vorarbeiten zur reducirenden Schmelzung der Eisenerze ergeben sich also im Ganzen, wenn wir von der einfachen und gewöhnlich mit dem Verwittern verbundenen Procedur des Auslaugens absehen: 1) das Verwittern, 2) das Rösten, und 3) das Pochen oder Quetschen (Walzen) der Erze.

1) Von dem Verwittern der Eisenerze.

Unter Verwitterung der Eisenerze versteht man die Veränderungen, welche dieselben erleiden, wenn sie während längerer Zeit dem Einflusse der Witterung ausgesetzt werden. Dieser Einfluß, soweit derselbe für unseren Zweck in Betracht kommt, besteht in einer theilweisen Entfernung des Schwefelgehaltes und in einer Auflockerung (Vermehrung der Porosität) der Erze.

Zersetzung der Schwefelmetalle durch Verwittern.

Schwefelmetalle, wie Schwefelkies, Kupferkies, Magnetkies u. s. w., welche den Erzen beigemengt sind, werden durch die vereinte Wirkung von Luft und Feuchtigkeit zersetzt. Es bilden sich daraus schwefelsaure Salze (Vitriole), welche der Regen auswäscht. Auch beigemengter Gyps wird hierdurch allmälig ausgelaugt. Der Erfolg dieses Processes ist sehr davon abhängig, inwieweit die Beschaffenheit der Erze denselben begünstigt. Wenig poröse und zur Verwitterung nicht geneigte Erze verhindern die Zersetzung und Fortschaffung jener in ihnen vorkommenden schädlichen Bestandtheile.

Vermehrung der Porosität durch Verwittern.

Die Vermehrung der Porosität durch Verwitterung macht sich bei den verschiedenen Eisenerzen in sehr verschiedenem Grade geltend. Sie tritt vorzugsweise nur bei denjenigen ein, welche einer chemischen Veränderung (Oxy-

dation) durch Luft und Feuchtigkeit fähig sind, und dadurch auch einer mechanischen Veränderung in der Anordnung ihrer Massentheile unterliegen. Eisenglanz und Rotheisenstein können sich durch Einwirkung der Luft nicht höher oxydiren, da beide schon aus Eisenoxyd bestehen; und ein Gleiches ist der Fall mit Brauneisenstein und Raseneisenstein (Eisenoxyd-Hydrate). Magneteisenstein ist zwar einer höheren Oxydation fähig; dieselbe wird aber, wegen der gewöhnlich sehr dichten Beschaffenheit dieses Erzes, meist nur oberflächlich und unvollkommen eintreten können. Eine schnellere und vollständigere Verwitterung findet dagegen bei den Spatheisensteinen und Sphärosideriten statt, namentlich bei den weniger dichten Arten derselben. Das Eisenoxydul dieser Erze oxydirt sich zu Eisenoxyd, die Kohlensäure entweicht, und es entsteht zuletzt Eisenoxydhydrat. Eisenerze von geringerem Grade der Dichtheit, selbst wenn sie keiner chemischen Umwandlung durch Verwitterung unterworfen sind, werden wenigstens — durch eindringende Feuchtigkeit und das Gefrieren derselben im Winter — mechanisch aufgelockert.

Einleitung des Verwitterungs-processes.

Um den Verwitterungsproceß einzuleiten, hat man die Erze, in Stücken von nicht zu großem Volum, an einem Orte aufzustürzen, welcher der Witterung möglichst ausgesetzt ist. Die Erzhaufen dürfen weder zu hoch, noch zu niedrig seyn, weil sie ersterenfalls — besonders wenn sich viel kleine Stücke oder gar pulverförmiges Erz darunter befinden — im Innern zu wenig der Luft zugängig sind, anderenfalls aber sich zu trocken halten. Von Zeit zu Zeit müssen sie gewendet, d. h. Erzstücke, welche zu unterst lagen, nach oben gebracht werden, und umgekehrt. In südlichen, regenarmen Klimaten hat die Verwitterung einen weit geringeren Erfolg als in kälteren, in denen abwechselnd Regen, Wärme und Frost auf die Erzhaufen einwirken. Sowohl in Bezug hierauf, als in Betreff des verschiedenen Dichtigkeitszustandes der Erze und der verschiedenen Größe der Erzstücke, läßt sich eine bestimmte Zeit für die zweckmäßige Dauer der Verwitterung nicht angeben; doch ist soviel gewiß, daß kein Eisenerz, selbst unter den günstigen Verhältnissen, in kürzerer Zeit als zwei Jahre hinreichend verändert wird. Eine zu lange fortgesetzte Verwitterung kann insofern schädlich wirken, als sie bei leicht verwitternden Erzen ein Zerfallen derselben zu kleinen Stücken und Pulver veranlaßt, oder dieselben wenigstens so mürbe macht, daß dies beim späteren Rösten oder im Hohofen eintritt.

2) Von dem Rösten der Eisenerze.

Das Rösten der Eisenerze besteht in einem Glühen derselben bei Luftzutritt. Man erreicht dadurch ganz ähnliche vortheilhafte Wirkungen wie durch das Verwittern, aber weit schneller und — wenn die Röstung richtig ausgeführt wird — in erhöhtem Grade. Eingemengte Schwefel- und Schwefelarsenik-

Zersetzung der Schwefelmetalle durch Rösten.

metalle werden zersetzt und ein Theil ihres Schwefel- und Arsenikgehaltes wird in oxydirter Gestalt verflüchtigt; zugleich aber werden Wasser und Kohlensäure vollständig ausgetrieben. Nur der Phosphor, als phosphorsaure Salze manchen Erzen beigemengt, widersteht sowohl den Einflüssen des Verwitterns als des Röstens. Sehr wesentlich wird die Porosität der Erze durch die Röstung vermehrt. Sogar dichter Eisenglanz und Rotheisenstein werden dadurch mürbe und aufgelockert, indem sie zahlreiche feine Sprünge bekommen; eine Wirkung, welche bei jedem stark erhitzten und darauf schnell abgekühlten Steine eintritt, selbst wenn derselbe durch die Erhitzung durchaus keine chemische Veränderung erleidet. Mehr porös als Eisenglanz und Rotheisenstein wird Magneteisenstein, da bei diesem eine theilweise Oxydation jene Sprünge noch mehr auseinander treibt und ihre Anzahl vermehrt. Die Eisenoxydhydrat-Erze, Spatheisensteine und Sphärosiderite bleiben, nach dem Entweichen des Wassers und der Kohlensäure, in einem sehr aufgelockerten Zustande, verbunden mit sehr feiner, so zu sagen atomistischer Porosität, zurück, wenn dieselben keinem zu starken Hitzgrad ausgesetzt worden sind.

Vermehrung der Porosität durch Rösten.

Wirkungen des Röstens durch Hitze und Oxydation.

Die Wirkungen des Röstens sind theils Folgen einer bloßen Erhitzung, theils Folgen einer damit verbundenen Oxydation. Eine bloße Erhitzung ohne Oxydation würde die dem Erze beigemengten Schwefel- und Schwefelarsenikmetalle sehr unvollkommen zerlegen, nämlich aus dem Schwefelkies (FeS_2) nur die Hälfte, aus dem Magnetkies ($nFeS + Fe_2S_3$) nur einen kleinen Theil des Schwefels, und aus dem Arsenikkies ($FeS_2 + FeAs_2$) etwa die Hälfte des Schwefels und Arseniks austreiben. Begünstigen die Umstände dagegen zugleich auch eine Oxydation, so schreitet die Zerlegung jener Verbindungen noch weiter fort. FeS und $FeAs$ werden so weit abgeröstet, daß endlich nur $\overline{\overline{F}}e$ mit einem geringen Gehalte an Schwefelsäure und arseniger Säure zurückbleibt. Bei jeder Röstung also, welche nicht ein bloßes Erhitzen (Brennen) des Erzes, sondern zugleich auch die möglichst vollständige Zersetzung der genannten schädlichen Beimengungen zum Zwecke hat, muß dafür gesorgt seyn, daß durch einen Zutritt von atmosphärischer Luft die oxydirenden Wirkungen des Röstens so viel wie möglich befördert werden. Aber selbst unter solcher Vorkehrung gelingt jene Zersetzung selten ganz vollkommen, da die Oxydation nicht hinreichend in das Innere der Erzstücke zu dringen vermag. Doch findet dabei der begünstigende Umstand statt, daß Erzstücke an den Stellen, wo sie größere Mengen von Schwefelkies in ihrer Masse eingeschlossen enthalten, bei der stärkeren Erhitzung Sprünge zu bekommen pflegen. — Schwefelhaltige und arsenikhaltige Erze sollten nie mit reineren Erzen gemengt geröstet werden, weil sich jene Verunreinigungen — namentlich der Schwefelgehalt — leicht den letzteren mittheilen und also im Ganzen in geringerer Menge entfernt werden. — Eine neuere Verbesserung des Röstens, zur vollkommneren Fortschaffung des Schwefels, besteht in der

Anwendung von Wasserdämpfen. Dieselbe wird weiter unten beschrieben werden.

Grad der Erhitzung beim Rösten.

Der Grad der Erhitzung (die Stärke des Feuers) beim Rösten ist von großem Einfluß auf das Gelingen des Processes. Eine mittlere bis lichte Rothglühhitze ist gewöhnlich eine passende Temperatur. Ein zu hoher Hitzgrad bewirkt Zusammensinterung, was um so leichter geschieht, je mehr das Erz durch eingemengte Silicate oder andere, die Schmelzung befördernde Substanzen verunreinigt ist. Reines Eisenoxyd oder Eisenoxydul sind in einem gewöhnlichen Röstfeuer vollkommen unschmelzbar; sie werden aber durch Beimengungen von Granat, Pistazit, Feldspath, Hornblende, Thon, Kalkspath, Braunspath u. s. w. zum Sintern geneigt, um so mehr, wenn einige dieser Mineralien zugleich und fein eingesprengt vorkommen. Spatheisenstein, welcher an und für sich unschmelzbar ist, wird schon durch eine geringe Beimengung von Silicaten oder Kieselerde zum Sintern geneigt, was von der leichten Verschlackbarkeit des Eisenoxyduls herrührt. Zusammengesintertes und dadurch seiner Porosität beraubtes Erz wirkt im Hohofen sehr schädlich. Es widersteht der Einwirkung der reducirenden und kohlenden Ofengase und wird in der Schmelzzone großentheils verschlackt. Ist es in beträchtlicher Menge vorhanden, so hat es, aus nahe liegenden Gründen, die Bildung von weißem Roheisen zur Folge. Ein Umstand, welcher oft an der theilweisen Sinterung des Erzes Schuld zu seyn pflegt, ist das Unterlassen einer Sortirung verschiedenartiger Erze. Leicht sinternde Erze müssen von anderen, welche ein stärkeres Röstfeuer vertragen, getrennt geröstet werden. Ebenso ist darauf zu achten, daß beim Rösten nicht zu viel Röstklein (kleine Brocken und Staub) gebildet wird.

Arten des Röstens.

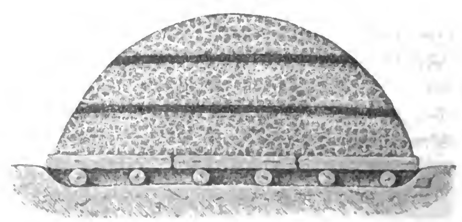
Das Rösten der Eisenerze geschieht entweder in Haufen, Stadeln oder Oefen. Diese Vorrichtungen wurden, was die Verhältnisse derselben im Allgemeinen anbelangt, bereits im ersten Bande (S. 63, 65, 73 — 75) beschrieben.

Das Rösten in Haufen.

Das Rösten in Haufen ist ein sehr einfacher Proceß, welcher aber nichts desto weniger mancherlei Erfahrungen erfordert, um in Betreff der verschiedenen Erzsorten richtig ausgeführt zu werden. Die Gestalt der Haufen kann eine abgestumpft konische, eine sphärische (meilerförmige), eine abgestumpft pyramidale oder länglich pyramidale seyn. Hierauf kommt im Ganzen wenig an, mehr aber auf die Dimensionen der Haufen. Höher als 6 — 7 Fuß pflegt man keinen Haufen aufzuschichten, weil man sonst Gefahr läuft, daß, bei wenig Brennmaterial, die oberen Erzschichten zu schwach durchbrannt werden, bei reichlichem Brennmaterial aber, durch zu starken Zug, eine theilweise Verschlackung erfolgt. Haufen, welche an ihrer Grundfläche rund oder quadratisch sind, erhalten gewöhnlich einen Durchmesser von 15 — 20 Fuß. Die länglich pyramidalen Haufen verdienen in dem Falle den Vorzug, wenn

es gilt, ein leicht röstbares Erz in möglichst kurzer Zeit zu rösten. Man giebt denselben oft nur eine Breite von 6 — 7 Fuß und eine Höhe von 3 — 4 Fuß, aber eine um so größere Länge. Welcher Art der Haufen man sich bedienen mag, stets wird der zur Aufschichtung eines solchen bestimmte, nicht zu sehr der Feuchtigkeit ausgesetzte und zuvor geebnete Boden mit einer einfachen oder doppelten (kreuzweisen), 6 — 8 Zoll hohen Schicht von Holzscheiten oder größeren Steinkohlenstücken bedeckt, wobei man die Zwischenräume mit kleinerem Brennmaterial (Zweige, Kohlen, Tannenzapfen, Holzspäne, Torf u. s. w.) ausfüllen kann, um dadurch sowohl schlechteres Brennmaterial zu verwenden, als auch das Durchfallen der Erzstücke zu verhindern. Letztere werden, wo möglich von keinem größeren Volum als das einer Faust, auf die Unterlage gestürzt, bis die Schicht derselben eine Höhe von 2 — 3 Fuß erreicht hat. Darauf kommt eine 2 — 3 Zoll dicke Schicht kleineres Brennmaterial, welche einer zweiten Erzschicht von 2 — 3 Fuß zur Unterlage dient, und so fort, bis der Haufen die bestimmte Höhe erreicht hat. Die größeren Erzstücke muß man hierbei in der Nähe des Fundamentes anzubringen suchen und die kleineren im oberen Theile des Haufens, dem dann zuletzt gewöhnlich eine Decke von Erzklein gegeben wird. Diese Decke soll gegen den zu starken Luftzutritt schützen und dadurch ein allzu schnelles Verzehren des Brennmaterials und ein zu lebhaftes Feuer verhindern. Eine zu dicke oder dichte Decke kann aber leicht den Uebelstand herbeiführen, daß die Verbrennung so langsam und unvollkommen vor sich geht, daß viel reducirende Gase gebildet werden, der Vortheil eines oxydirenden Röstens also unerreicht bleibt. Bei Anwendung einer Decke ist es daher rathsam, in der Mitte (vertikalen Achse) des Haufens einen senkrechten Kanal auszusparen, welcher bis auf die unterste Brennmaterialschicht niedergeht und durch den man die Stärke des Feuers reguliren kann. Durch rechtzeitiges Bedecken der oberen Mündung desselben und durch Anbringung seitlicher Zuglöcher in der Decke hat man die Richtung des Feuers in seiner Gewalt. — In Fig. 124 ist ein einfacher sphärischer (meilerförmiger) Rösthaufen abgebildet.


Fig. 124.



Außer der unteren, aus kreuzweise gelegten Scheiten bestehenden Brennmaterialschicht sind in diesem Haufen noch zwei obere, aus kleinerem Brennmaterial gebildete, 2 — 3 Zoll starke Schichten vorhanden.

Das Rösten in Stadeln.

Bei der Röstung in Stadeln geschieht das Aufschichten von Brennmaterial und Erz ganz ähnlich wie bei der Haufenröstung; nur muß hierbei, da die Stadelmauern den Haufen von drei Seiten umgeben, noch mehr Sorge für einen hinreichenden Luftzutritt getragen werden. Zu dem Ende sind an der Basis der Stadelmauern Zuglöcher angebracht, mit denen man horizontale Kanäle in Verbindung setzt, die, aus größeren Erzstücken gebildet, beim Aufschichten des Haufens ausgespart und mit einem oder mehreren senkrechten, ebenfalls ausgesparten Kanälen in der Längenachsen-Ebene des Haufens in Communication stehen *). Auf solche Art läßt sich der Zug sehr gut reguliren und eine oxydirende Abröstung des Erzes bewirken. Das Aufschichten eines derartigen Stadelhaufens ist aber ziemlich mühevoll und zeitraubend.

Die zweckmäßige Dauer des Röstens in Haufen oder Stadeln ist von der Größe und Construktion dieser Vorrichtungen, der Art der Erze, der Witterung und von noch anderen Umständen abhängig. Kleine (längliche) Haufen leicht röstbarer Erze sind mitunter schon in 8 — 14 Tagen abgeröstet, während z. B. unreine Magneteisensteine mehrere Wochen, ja mitunter Monate zu ihrer vollkommenen Abröstung bedürfen.

Das Rösten in Oefen.

Das Rösten in Oefen wird in Vorrichtungen von sehr verschiedener Construktion ausgeführt, welche wir zum Theil schon im ersten Bande (S. 73 — 78) kennen gelernt haben. Man kann die hierbei angewendeten Oefen in zwei Abtheilungen bringen, nämlich 1) Oefen, in denen Erz und Brennmaterial mit einander gemengt (geschichtet) werden, und 2) Oefen, in denen das Erz durch Flammenfeuer geröstet wird, also mit dem Brennmaterial nicht unmittelbar in Berührung kommt. Diese Verschiedenheit ist, wie wir später sehen werden, von wesentlichem Einfluß auf den Röstproceß.

Eintheilung dieser Oefen.

Röstöfen, in denen Erz und Brennmaterial gemengt.

Die Röstöfen, in denen Erz und Brennmaterial mit einander gemengt oder geschichtet werden, sind die ältesten. Die einfachsten derselben sind die Stadelöfen (Bd. I., S. 73) **). Sie werden zuweilen so angelegt, daß die eine ihrer vier Seitenwände durch eine steile Felswand gebildet wird, und gleichen in ihrer Construktion den gewöhnlichen Kalköfen. Nach jedem Brande wird

*) Eine Abbildung hiervon siehe Overman's Manufact. of Iron, 2. Ed., p. 43 und 44.

**) Von dem Bd. I., S. 74 abgebildeten Stadelröstofen hat man sich die Condensationskammern d, d, d und die damit in Verbindung stehenden Kanäle — welche sich auf die Röstung anderer Erze als Eisenerze beziehen — hinwegzudenken.

das abgekühlte Erz herausgezogen und der Ofen neu gefüllt. Eine ungleich besser construirte Art dieser Röstöfen zeigt Fig. 125.

Fig. 125, a.

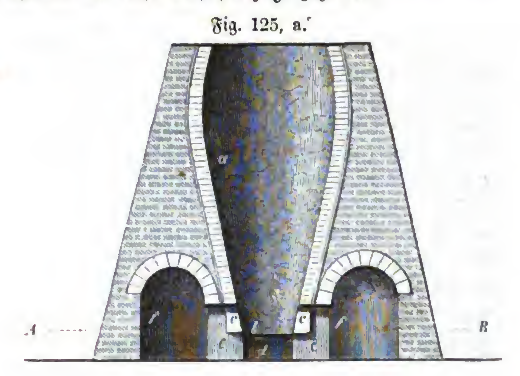
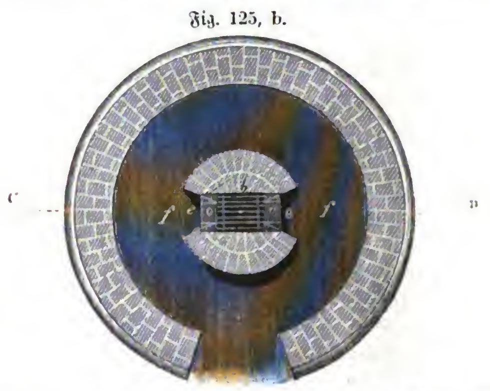


Fig. 125, b.



Schlesischer Röstofen.

Ein Ofen von solcher Construktion, wie dieselbe auf den Königl. Preußischen Eisenhütten in Oberschlesien gebräuchlich ist, hat 14 — 18 Fuß Höhe im Schacht, oben 6½ Fuß, im Bauche 7½ Fuß und unten beim Rost 3 Fuß Schacht-Durchmesser. Soll derselbe in Betrieb gesetzt werden, so bedeckt man zuerst den Rost *b* in der Weise mit Ziegeln oder anderen flachen Steinen, daß dieselben hinreichende Zwischenräume für den Luftzug offen lassen. Hierdurch wird nicht allein der eiserne Rost geschont, sondern auch ein zu starker Luftzug vermieden. Auf diese Unterlage legt man eine Schicht Zündholz, darüber einige grobe Steinkohlen, und füllt sodann den Schacht mit abwechselnden Schichten von Brennmaterial und Erz bis zur Gicht. Als Brenn-

material dienen kleine Kohks (Abfälle) *), welche man zum besseren Brennen mit 1/3 kleinen Steinkohlen zu versetzen pflegt. Von diesem gemengten Brennmaterial werden etwa 1/3 bis 2/5 Cub.-F. erfordert, um 3 Ctr. oder 3 1/2 rheinl. Cub.-F. Eisenerz (Brauneisenstein) zu rösten. Der so gefüllte Ofen, dessen untere (Zieh-) Oeffnungen *c, c* mit Ziegeln zugesetzt sind, wird beim Roste in Brand gesteckt. Nach 24 Stunden werden jene Ziegeln entfernt und man zieht aus den Ziehöffnungen so viel Erz, als sich als gut durchbranntes zu erkennen giebt. Das rohere Erz, gewöhnlich nach der Ziehung der Hälfte des ganzen Schachtinhaltes erfolgend, wird im Ofen gelassen, die Ziehöffnungen werden wieder geschlossen und der Ofen wird mit neuen Erz- und Brennmaterialschichten bis zur Gicht gefüllt. Darauf zieht und füllt man nach je 12 Stunden ungefähr (höchstens) die Hälfte des im Schachte enthaltenen Erzes. Der Röstproceß geht unausgesetzt fort und liefert binnen kurzer Zeit beträchtliche Quantitäten von geröstetem Erz. Auf größeren Eisenwerken, wo man mit einem solchen Ofen nicht ausreicht, werden zwei oder mehrere unmittelbar neben einander angelegt, wobei sich zugleich eine Ersparung an Mauerwerk herausstellt.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß bei einem Röstofen auf die Construktion nicht so viel ankommt, als dies bei einem Hohofen der Fall ist. Man hält sich daher auf den verschiedenen Eisenhüttenwerken bei der Erbauung von Röstöfen selten streng an bestimmte Muster, sondern weicht nach Gutdünken und Umständen davon ab. Ein Röstofen auf der Königshütte in Oberschlesien, im Allgemeinen ganz von der Construktion des vorigen, hat 15 Fuß Schachthöhe, 7 Fuß oberen, 8 1/2 Fuß größten und 2 3/4 Fuß unteren Schachtdurchmesser. Die Ziehöffnungen sind 1 1/4 Fuß hoch und 2 Fuß breit. Der Ofen wird gefüllt durch 6 Gichten (Lagen, Schichten) Eisenerz und 6 Gichten Cynders und Steinkohlenklein. 1 Gicht Eisenstein enthält ungefähr 15 Tonnen und 1 Gicht Brennmaterial gegen 1 1/2 Tonne. Da 1 Tonne Eisenstein nahe 5 Ctr. wiegt, so faßt der ganze Ofen folglich 450 Ctr. Eisenstein.

Modification dieses Ofens.

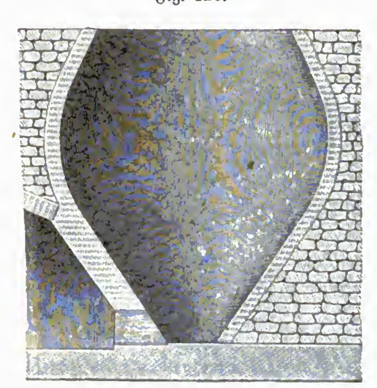
Der eiserne Rost (b, Fig. 125), welcher bei den beschriebenen Oberschlesischen und ähnlichen Röstöfen nur zum Luftzutritt dient, wird bei anderen Röstöfen zugleich zum Ziehen des Erzes benutzt. Die einzelnen Roststäbe liegen nämlich lose auf zwei eisernen Unterlagen, so daß dieselben beliebig verrückt und entfernt werden können. Bei ihrem Herausnehmen fällt das geröstete Erz in den unter dem Roste befindlichen Raum (*d*) und wird aus diesem weggezogen. Auf solche Weise wird die Anbringung eigentlicher Ziehöffnungen (*c, c*) überflüssig; doch ist das Ziehen mit mehr Schwierigkeit verbunden und der Rost pflegt dabei sehr zu leiden.

*) Auf der Königshütte wendet man hierbei die auf der Lydognia-Zinkhütte in großer Menge fallenden Cynders an.

In noch anderen Röstöfen fehlt jener Rost ganz. Der Boden des Ofens besteht aus massivem Mauerwerk und der Luftzutritt findet durch die nur lose mit Steinen versetzten Ziehöffnungen statt. Eine solche Construktion besitzen die von Walter erbauten Röstöfen auf dem Eisenhüttenwerke Lavoulte im Ardèche-Departement. Auch bei diesen Oefen nähern sich die Schacht-Contouren der Eiform, doch von einem anderen Verhältnisse der Dimensionen als beim Oberschlesischen Röstofen. Schachthöhe = $5^1/_2$ Meter (17 F. 6 Z.); Durchmesser an der Gicht = $3^1/_2$ Meter (11 F. 2 Z.); Durchmesser im Bauche = $4^1/_2$ Meter (14 F. 4 Z.); Durchmesser auf der Sohle = 1 Meter (3 F. 2 Z.); Höhe der größten Bauchweite über der Sohle = $4^1/_2$ Meter (14 F. 4 Z.). Unten sind drei gegeneinander rechtwinklig liegende Ziehöffnungen angebracht, so daß die hintere (vierte) Ofenseite ohne eine solche Oeffnung ist. Jede Ziehöffnung ist $^1/_2$ Meter (1 F. 7 Z.) hoch und 0,45 Meter (1 F. 5 Z.) breit. Die Contouren des Schachtes im senkrechten Durchschnitt sind ungefähr, wie sie Fig. 126 angiebt.

Französischer Röstofen

Fig. 126.



In der Höhe und im Durchmesser an der Sohle stimmt dieser Ofen mit dem Oberschlesischen (Fig. 125) nahe überein; dagegen ist derselbe durch bedeutend größere Weite an der Gicht und durch fast doppelt so großen Durchmesser im Bauche von letzterem verschieden. In dem Ofen von Lavoulte röstet man täglich 250—315 Ctr. Erz (dichten und ockrigen Rotheisenstein) und verbraucht dazu dem Gewichte nach 4—5 Proc. eines Gemenges von Steinkohlen- und Kohksklein.

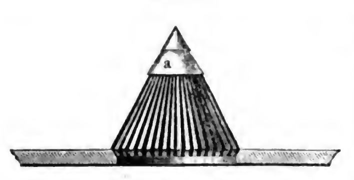
Böhmischer Röstofen.

Auf dem Eisenhüttenwerke zu Neudeck in Böhmen wendet man einen Röstofen von eigenthümlicher Construktion des Rostes an*). Der Schachtraum ist ungefähr 15 Fuß hoch, in den oberen zwei Dritteln seiner Höhe cylinderförmig (mit etwa $6^1/_2$ Fuß Durchmesser), und in dem unteren Drittel von der Gestalt eines abgestumpften und umgekehrten Kegels, an der Sohle von etwa 4 Fuß Durchmesser. Auf dieser Sohle erhebt sich ein kegelförmiger Rost, wie Fig. 127 zeigt. Die eisernen Roststäbe werden durch einen eisernen Hut *a* zusammengehalten, welcher von einer in der Achsenlinie des Kegels

*) Weniger, der praktische Schmelzmeister, S. 28.

angebrachten 3 Zoll starken eisernen Stange getragen wird. Der ganze Kegel ist 3 Fuß hoch und 3 Fuß breit. Er hat, nächst der Beförderung des Luftzutrittes, den Zweck, das Herausrollen des Erzes beim Ziehen zu begünstigen, welches durch drei symmetrisch angebrachte Ziehöffnungen geschieht. Beim Gebrauch des Ofens werden zuerst 30 Cub.-F. Holzkohlenklein in den Schacht gestürzt, wodurch der Rost bis 1 Fuß hoch über seiner Spitze bedeckt wird; darauf kommen 1 Schicht von 220 Cub.-F. und 2 Schichten von 200 Cub.-F. Erz, welche durch 2 Schichten von Kohlenlösche, die eine von 24 Cub.-F. und die andere von 20 Cub.-Fuß getrennt werden. Nach 48 Stunden sieht man die Röstung für beendet an, leert den ganzen Ofen und füllt ihn sogleich wieder.

Fig. 127.



Flammröstöfen.

Diejenigen Röstöfen, in denen das Erz nicht mit dem Brennmaterial, sondern nur mit der Flamme desselben in Berührung kommt, heißen Flammröstöfen. Wenn auch alle nach demselben Principe construirt, sind sie doch von zum Theil sehr abweichender Bauart. Einen Flammröstofen mit ellipsoidischem Schachtraume zeigt Fig. 128.

Fig. 128, a

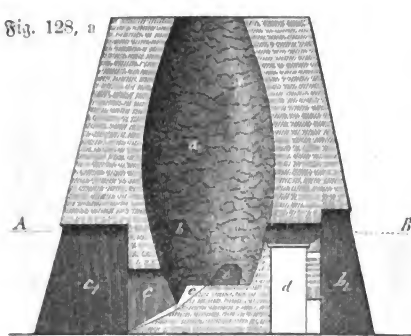
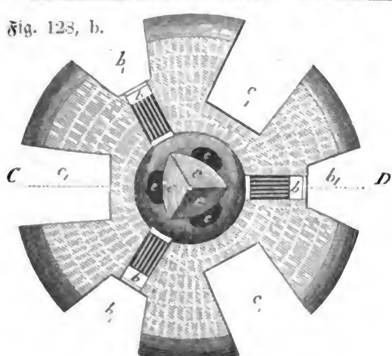


Fig. 128, b.



Ellipsoidischer Flammröstofen.

Derselbe ist bereits Bd. I., S. 77 näher beschrieben worden. Was seine Dimensionen betrifft, so ist er von etwa $17\frac{1}{2}$ Fuß Schachthöhe (bis zur Spitze der geneigten Ebenen *c*, *c*, *c* gemessen), 4 Fuß Schachtdurchmesser an der Gicht, und eben so viel an der

Basis (bei den Ziehöffnungen *c*, *c*, *c*). Indem man sowohl die Feuerungs- und Ziehöffnungen, als auch die Aschenfälle mit Thüren verschließbar macht, hat man den Zug und überhaupt die in einer gewissen Zeit durch den Schachtraum strömende Luftmenge ganz in seiner Gewalt. Ein zu hoher Hitzgrad läßt sich sogleich durch Oeffnen der Ziehöffnungen mäßigen, was allerdings auf Kosten des Brennmaterials geschieht, aber mit dem günstigen Umstande verknüpft ist, daß es die oxydirende Wirkung des Röstens befördert.

Schwedischer Flammröstofen.

Die auf mehreren Schwedischen und Norwegischen Eisenhüttenwerken angewendeten Flammröstöfen weichen besonders dadurch von dem eben beschriebenen ab, daß die Feuerung unmittelbar im Ofen selbst geschieht, wodurch eine bessere Benutzung der Wärme stattfindet. Auch die Construktion eines derartigen Ofens wurde bereits früher (Bd. I., S. 74) angegeben, und es ist nur noch das Erforderliche in Betreff der Dimensionen hinzuzufügen.


Fig. 129, a.

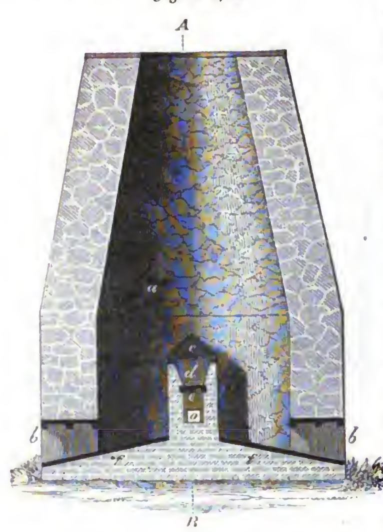
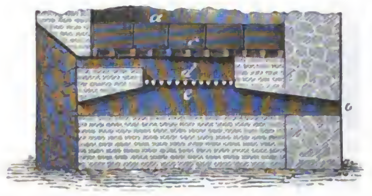


Fig. 129, b.



Höhe des Schachtes von der Gicht bis zum Anfang der schiefen Ebenen *f*, *f*, = 18 F. 6 Z.; Durchmesser des Schachtes an der Gicht = 4 F. 6 Z., unten im cylindrischen Theile des Ofens = 9 F. 2 Z.; Höhe dieses cylindrischen Theiles (bis zum Anfang der schiefen Ebenen *f*, *f*) = 6 F.; ganze Höhe der Feuerungsvorrichtung von der Firstlinie der »Schweinerücken« (Griserygg) *c* bis zum Anfang der schiefen Ebenen = 5 F. 2 Z.; Höhe des eigentlichen Feuerungsraumes *d* = 1 F. 6 Z., untere Breite desselben = 1 F. und obere Breite = 1 F. 10 Z.; Länge dieses Feuerungsraumes (s. Fig. 129, b) = 4 F. 6 Z.; Höhe des Aschenfalles *e* = 1 F. 6 Z.; vordere Höhe der Ziehöffnungen

$b, b = 2$ F. — In Schweden und Norwegen bedient man sich als Feuerungsmaterials in diesen Oefen größtentheils des Kloben- und Scheitholzes. In holzärmeren Gegenden würde dies allerdings ökonomisch nicht ausführbar seyn; ohne Zweifel ließe sich aber auch mit billigerem Brennmaterial ein gutes Resultat erreichen, sobald dasselbe nur hinreichend Flamme giebt.

Röstung mit Anwendung von Wasserdämpfen.

Eine sehr wesentliche Verbesserung beim Rösten der Eisenerze besteht in der Anwendung von Wasserdämpfen. S. 30 wurde auseinandergesetzt, welchen vortheilhaften Einfluß die bis zu einer gewissen Menge angewendeten Wasserdämpfe auf den Hohofenproceß ausüben, indem sie den Schwefelgehalt des Roheisens beträchtlich vermindern. Eine ganz ähnliche Wirkung haben die Wasserdämpfe, wenn man sich ihrer bei der Röstung schwefelkieshaltiger oder mit anderen Schwefelmetallen verunreinigter Erze bedient. Im Jahre 1843 wurden in Russisch-Finnland auf dem Eisenwerke Dals-Bruck, nach dem Vorschlage von Nordenskjöld's (Oberintendanten des Finnländischen Bergwesens), mehrere Versuche ausgeführt, schwefelkieshaltige Magneteisensteine mit Beihülfe von Wasserdämpfen zu rösten. Die Röstung geschah in gewöhnlichen, daselbst gebräuchlichen Rumford'schen Oefen (mit Flammenfeuerung, wie Fig. 128). Bei dieser Röstung wurde der beigemengte Schwefelkies vollkommen zersetzt, und nach Verschmelzung der Erze im Hohofen und Verfrischung des erhaltenen Roheisens erhielt man ein vortreffliches Stabeisen, welches nicht eine Spur Rothbruch zeigte. Seit dieser Zeit bedient man sich sowohl in Finnland wie auch im Ural des Dampfröstens der Eisenerze und wendet dabei zur Feuerung entweder Holz oder Hohofengase an. Im Jahre 1845 verbesserte von Nordenskjöld die Construktion der Röstöfen, indem er denselben eine ganz ähnliche Einrichtung gab, wie wir soeben bei den Schwedischen und Norwegischen Flammröstöfen (Fig. 129) kennen gelernt haben. Es wird daher genügen, hier nur auf wesentliche Verschiedenheiten in der Construktion aufmerksam zu machen.

Russischer Dampf-Flammröstofen.

Man erblickt in Fig. 130 (s. f. S.) die in Fig. 131, a, b abgebildete Feuerungsvorrichtung des Röstofens in etwas modificirter Art. Auf den Schweinerücken *c* läuft ein eisernes Dampfrohr *r* hin, welches an zwei einander gegenüberliegenden Seiten mit je acht kleinen Oeffnungen versehen ist, durch welche der — in einem Dampfkessel erzeugte und von da in das Rohr *r* geleitete — Dampf in den Ofen tritt, und sich hier mit dem aufwärts steigenden Strom der Ofengase mengt. Das Dampfrohr *r* wird durch das darüber angebrachte spitze, gußeiserne Dach *s* beschützt. Die ganze Feuerungsvorrichtung, deren dossirte Seitenwände noch mit den eisernen Platten *f, f* versehen sind, hat eine Gestalt, welche das Ausziehen des gerösteten Erzes sehr begünstigt und das Mauerwerk vor Beschädigung schützt.

Um die günstigste Wirkung der Wasserdämpfe auf das in der Röstung befindliche Eisenerz zu erreichen, ist ein gleichzeitiger Luftzutritt durchaus erfor-

Russischer Dampf-Flammröstofen.

derlich. Schwefeleisen und Wasserdämpfe zerlegen einander, wie schon oben angeführt, zu Eisenoxydul und Schwefelwasserstoff. Würde letzteres in den oberen Theil des Schmelzofens gelangen, so würde es hier jedenfalls theilweise zerlegt werden und eine neue Portion Schwefeleisen bilden, was die möglichst vollständige Entschwefelung des Erzes nichts weniger als begünstigen könnte. Findet dagegen ein hinreichender Luftzutritt statt, so verbrennt der gebildete Schwefelwasserstoff sogleich zu schwefliger Säure, welche bei ihrem Aufsteigen durch das Erz von keinem schädlichen Einfluß ist. —

Fig. 130, a.

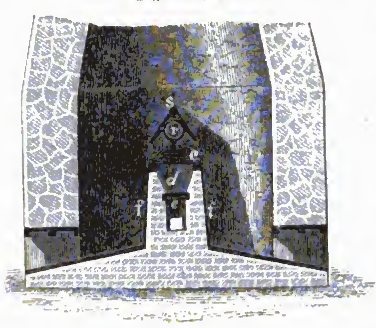
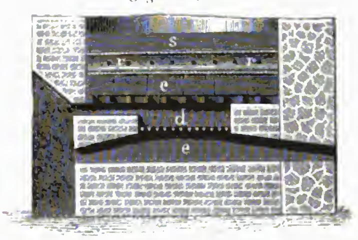


Fig. 130, b.



Vergleichung der verschiedenen Röstmethoden hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit.

Bei einer Vergleichung der verschiedenen Röstmethoden hinsichtlich ihrer nützlichen Leistungen hat man sowohl auf den dabei stattfindenden Brennmaterial-Verbrauch als auf den erreichten Grad der Oxydation Rücksicht zu nehmen. In Bezug auf Brennmaterial-Verbrauch ist die Röstung in freien Haufen die am wenigsten vortheilhafte; etwas günstiger stellt sich das Verhältniß bei der Stadelröstung, am günstigsten aber bei der Ofenröstung. Nach af Uhr *) verhält sich das zur Haufenröstung nöthige Quantum des Brennmaterials zu dem bei der Ofenröstung erforderlichen, unter sonst gleichen Umständen, etwa wie 17 : 11. Bei den Flammröstöfen dürfte verhältnißmäßig etwas mehr Brennmaterial verbraucht werden, als bei den Oefen, in welchen Brennmaterial und Erz mit einander gemengt (geschichtet) angewendet werden. In Betreff des zweiten Punktes aber, nämlich der zur Zerlegung der Schwefelmetalle unerläßlichen oxydirenden Wirkung des Röstprocesses, ergeben sich die letztgenannten Oefen offenbar als die mangelhaftesten Vorrichtungen, welche selbst den freien Haufen und Stadeln nach-

*) Erdm. Journ. f. techn. und ökonom. Chem. Bd. 8, S. 306.

stehen; denn der in diesen Oefen aufsteigende heiße Gasstrom wird eher von reducirender, als von oxydirender Wirkung seyn. Folglich stellen sich als die im Ganzen vortheilhaftesten Vorrichtungen zur Röstung der Eisenerze die Flammröstöfen, und unter diesen wieder die mit Anwendung von Wasserdämpfen betriebenen, heraus.

Zweckmäßigste Vorbereitung der Eisenerze durch Röstung und Verwitterung.

Sehen wir von den, bis jetzt fast ausschließlich nur in Rußland angewendeten, Dampf-Röstöfen ab, und es handelt sich um die zweckmäßigste Vorbereitung der Eisenerze sowohl durch Röstung als Verwitterung, so würde dieselbe folgendermaßen vorzunehmen seyn. Röstung der Erze (am besten in Flammröstöfen); darauf folgendes, wenigstens einjähriges Verwittern (und nach Befinden: Wässern, Auslaugen) derselben; abermaliges Rösten oder vielmehr nur Brennen derselben, was am vortheilhaftesten in einer Art Flammofen geschieht, den man auf der Gicht des Hohofens anbringt und durch die Gichtflamme heizt. Diese Benutzung der Gichtflamme ist sehr zu empfehlen; zu einem völligen Abrösten aber ist dieselbe nicht hinreichend.

Es giebt noch so manche Eisenwerke, bei denen die Erze, wie sie aus der Grube kommen, in den Hohofen gebracht und verschmolzen werden. Bei schwefelhaltigen Erzen ist dies unter allen Umständen unrichtig; bei schwefelfreien Erzen kann es nur dann gebilligt werden, wenn ein vermehrter Aufwand an Brennmaterial (durch große Wohlfeilheit desselben) von keinem Belang ist. Nach Sefström*) verbraucht man bei der Verschmelzung ungerösteter Erze, welche 16 Proc. Feuchtigkeit enthalten, ungefähr 5 Proc. mehr an Kohlen als bei Verschmelzung derselben Erze im gerösteten Zustande.

3) Von dem Pochen oder Quetschen der Eisenerze.

Von der zweckmäßigen Zerkleinerung der gerösteten Eisenerze ist, als von einem rein mechanischen Processe, nur Weniges anzuführen. Man bedient sich dazu theils der Pochwerke, theils der (Quetsch-) Walzwerke. Von der Haupteinrichtung beider ist schon früher (Bd. I., S. 126) die Rede gewesen. Die Erze sollen durch diese Vorrichtungen zu Stücken von Haselnuß- bis Wallnußgröße zerkleinert werden. Sehr leicht reducirbare Erze, wie Spatheisensteine, kann man auch in Stücken von größerem Volum anwenden. Die Walzwerke sind den Pochwerken im Allgemeinen vorzuziehen, da sie, bei zweckmäßiger Construktion, nicht zur Bildung so viel staub- und pulverförmigen Erzes Veranlassung geben, als letztere. Wenn Erzklein und Erzpulver in beträchtlicher Menge vorhanden sind, sollten sie stets von dem gröberen Erze, mittelst Durchwürfe und Siebvorrichtungen, getrennt werden. Die nachtheiligen Einflüsse des zu feinen Erzes auf den Hohofengang wurden

*) Erdm. Journ. f. techn. und ökonom. Chem. Bd. 4, S. 314.

schon oben auseinandergesetzt. Dazu kommt aber noch, daß ein großer Theil des Erzstaubes als Gichtsand aus dem Ofen geblasen wird. Auf mehreren Eisenhüttenwerken wird die Einsümpfung des Erzstaubes und Erzkleins durch Kalkmilch und Verschmelzung der aus diesem Gemenge geformten Stücke (Schmelzziegel) mit Vortheil angewendet. Nur darf man mit dem Zusatze der durch Kalk gebundenen Erze nicht viel über $^1/_{12}$ der ganzen Beschickung steigen.

C. Von der reducirenden Schmelzung der Eisenerze.

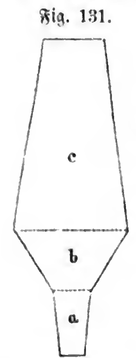
1) Construktion der Eisenhohöfen.

Unter Construktion eines Eisenhohofens verstehen wir hier ausschließlich die Gestalt des inneren Ofenraumes. Die Construktion der Ofenmauern und des Fundamentes gehören nur so weit in den Kreis unserer Betrachtungen, als davon bereits im ersten Bande die Rede war.

Gestalt der Eisenhohofen-Schächte im Allgemeinen.

Warum giebt man dem Schachte eines Eisenhohofens stets eine Gestalt, welche der in nebenstehender Figur (Vertikal-Durchschnitt) mehr oder weniger ähnlich ist? Diese Frage findet ihre Beantwortung in Folgendem. Der untere Raum *a*, das Gestell, in welchem die Düsen einmünden, darf keinen beträchtlichen Querschnitt haben, weil es in diesem Theil des Ofens darauf ankommt, einen Hitzgrad zu erzeugen, bei welchem Roheisen mit Leichtigkeit schmilzt. Daß dieser Hitzgrad zum Theil von dem Ofenquerschnitte abhängig ist und mit der Größe desselben abnimmt, ist bereits oben (S. 40) gezeigt worden. Oberhalb des Schmelzraumes aber, also oberhalb *a*, wirkt ein starker Hitzgrad schädlich. Die Kohlung geht, wie wir gesehen haben (S. 5), am besten vor sich, wenn sie durch kein Zusammensintern des Erzes beeinträchtigt wird. Es muß sich folglich der Ofen über *a* plötzlich erweitern, wodurch der Rastraum *b* gebildet wird. Allein in dieser Dossirung kann man die Ofenwände nicht bis zur Gicht führen; die bei der Rast eintretende Erweiterung des Ofens muß wieder abnehmen, sonst würde die oberhalb *b* liegende Beschickung zu wenig durch die Ofengase vorbereitet werden. Man giebt daher dem oberen (eigentlichen) Schachtraume *c* entweder die Gestalt eines abgestumpften Kegels (Fig. 132, *A*) oder — selten — die eines Cylinders (Fig. 132, *B*).

Fig. 131.

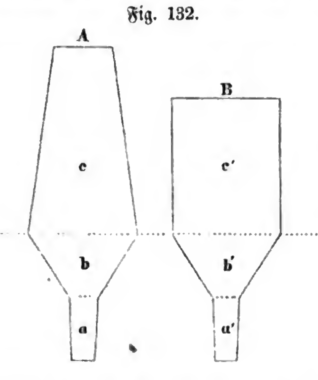


Einfluß der konischen und der cylindrischen Schächte.

Angenommen, man hätte zwei Hohöfen von gleicher Capacität (gleichem räumlichen Inhalt), den einen von der Gestalt Fig. 132, *A*, und den anderen von der Gestalt 132, *B*, so daß $a = a'$, $b = b'$ und (dem Inhalte nach) $c = c'$. In beiden Hohöfen wird die im Schachte enthaltene

Beschickung, bei sonst gleichen Verhältnissen, während einer gegebenen Zeit von einer gleichen Menge Ofengase durchströmt, und folglich auf gleiche Weise zum Schmelzen vorbereitet und zum Schmelzen gebracht. So ist es wenigstens der Theorie nach; bei der praktischen Ausführung dagegen erleidet dieser Hergang eine bedeutende Modifikation. Die Schichten des Brennmaterials und der Beschickung gehen in dem cylindrischen Ofen an den senkrechten Ofenwänden gleichförmig nieder, was in dem konischen Ofen nicht der Fall ist. In letzterem erweitert sich der Schachtraum von der Gicht abwärts; jene Schichten erhalten dadurch bei ihrem Hinabsinken eine Tendenz zu einer entsprechenden Ausbreitung, was eine Auflockerung derselben nach sich zieht. Je kleiner der Durchmesser der Gicht im Verhältniß zu dem des Kohlensackes (am oberen Ende der Rast) ist, desto weniger werden jene Schichten der beträchtlichen Breitezunahme des Ofens folgen können, und als unmittelbare Wirkung davon wird sich zunächst den Ofenwänden ein mantelförmiger Raum bilden, wo Brennmaterial und Beschickung lockerer liegen als nach innen zu, und wo folglich die Ofengase bei ihrem Aufsteigen den geringsten Widerstand finden. Ein solches Verhältniß zieht aber den Uebelstand einer ungleichförmigen Vorbereitung durch die Ofengase nach sich, indem die den Ofenwänden zunächst liegenden Erze der Einwirkung dieser Gase weit mehr ausgesetzt sind, als die nach innen zu befindlichen. Man könnte hieraus folgern, daß ein cylindrischer Ofenschacht, weil er ein gleichförmigeres Ausströmen der Ofengase veranlaßt, einem konischen Schachte in allen Fällen vorzuziehen sey. Dies würde vollkommen wahr seyn, wenn man auf allen Eisenhüttenwerken Erze von einem richtigen Grade der Zerkleinerung anwendete und anwenden könnte. Theils weil es die Umstände nicht anders gestatten, theils auch wohl aus Unachtsamkeit, werden aber oft Beschickungen angewendet, welche, vermöge ihres kleinen Kornes oder ihrer sogar pulverförmigen Beschaffenheit, das Ausströmen der Ofengase sehr behindern. In solchen Fällen dient ein konischer Ofenschacht wenigstens zu einiger Auflockerung, ohne jedoch dem Uebelstande der ungleichförmigen Vertheilung der Ofengase ganz abzuhelfen. Wo man dagegen Beschickung und Brennmaterial in nicht zu kleinen Stücken und zugleich letzteres von nicht zu leichter Zer-

Fig. 132.

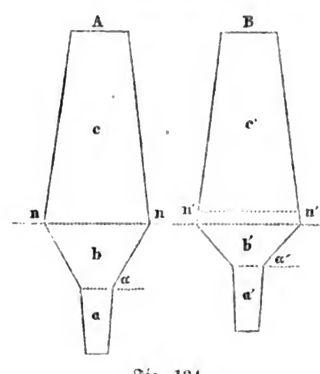


drückbarkeit anwendet, kann man sich mit gutem Erfolge eines cylindrischen Schachtes bedienen. Ein solcher gewährt überdies noch den Vortheil, daß er, bei gleicher Capacität, eine geringere Wandfläche als ein konischer Schacht besitzt und folglich einem geringeren Wärmeverluste hinsichtlich der Wärmeableitung durch die Ofenwände ausgesetzt ist*).

Einfluß des Rastwinkels nach der Theorie.

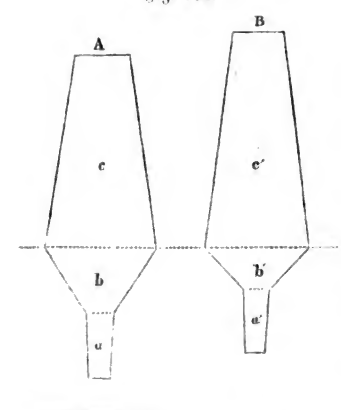
Die Dossirung der Rastwände oder die Größe des Rastwinkels (α) ist ebenfalls von Einfluß auf den Hohofenproceß. In zwei Hohöfen von ungleicher Capacität, A und B, Fig. 133, in denen $a = a'$ und $c = c'$, deren Rastwinkel α und α' aber verschieden sind, muß $b > b'$ seyn.

Fig. 133.



In dem Ofen B wird deshalb die Grenze zwischen der Kohlungs- und Reduktionszone, welche in A etwa bei nn liegt, mehr nach oben rücken und etwa bei $n'n'$ zu liegen kommen. Zugleich aber werden sowohl Kohlungs- als Reduktionszone des Ofens B nicht völlig das Volum erreichen können, welches diese Zonen im Ofen A besitzen, weil in diesem — wegen seiner größeren Capacität — die Beschickung besser vorgewärmt wird. Doch wird dieser Nachtheil dadurch mehr oder weniger compensirt, daß die schwache Dossirung der Rast des Ofens B einen geringeren Hitzgrad der Kohlungszone zur Folge hat, als im entsprechenden Theile des Ofens A, hierdurch also die Kohlung wieder begünstigt. — In zwei Hohöfen von gleicher Capacität, A und B, Fig. 134 (von denen dem Ofen B durch die größere Schachthöhe zugelegt ist,

Fig. 134.



*) Hohöfen mit cylindrischen Schächten sind, so viel mir bekannt, nur auf einigen Englischen Eisenwerken in Gebrauch.

was ihm durch das geringere Volum des Rastraumes b' abgeht), werden Kohlungs- und Schmelzzone — wenn auch von verschiedener Gestalt, doch — von gleichem räumlichen Inhalte seyn. Zu Gunsten des Ofens B bleibt hier, da die Vorwärmung der Beschickung in beiden Oefen gleich groß ist, der oben gedachte Vortheil übrig, welcher in dem geringeren Hitzgrade der Kohlungszone und — in Folge hiervon — in einer höheren Kohlung (vor der Schmelzung) und folglich auch leichteren Schmelzung des gekohlten Eisens besteht. Da diese leichtere Schmelzbarkeit zu einem geringeren Brennmaterial-Aufwande benutzt werden kann, so ergiebt sich: daß flache Rasten im Allgemeinen mit einer Ersparung an Brennmaterial verbunden sind*).

Welcher Rastwinkel ist der vortheilhafteste?

Halten wir das so eben gewonnene Resultat fest, so finden wir, daß dasselbe keiner extremen Anwendung fähig ist, und daß folglich die Frage entstehen muß, welcher Rastwinkel der vortheilhafteste sey? Bei einer fast horizontalen Rast würde die Beschickungs- und Brennmaterialsäule fest aufsitzen und der Schmelzproceß sehr bald ins Stocken gerathen. Aber auch bei einem Rastwinkel von 20° — 30° ist die Tendenz der Schmelzsäule zum Nachrücken in das Gestell immer noch eine sehr geringe. Es können sich unter solchen Verhältnissen oberhalb der Schmelzzone leicht hohle Räume in der Schmelzsäule bilden, was einen sehr unregelmäßigen Ofengang herbeiführen würde. Giebt man, um dies zu vermeiden, dem Gestell eine größere Weite, so wird dadurch der Hitzgrad in der Schmelzzone herabgezogen, oder vielmehr die Grenze zwischen Schmelz- und Kohlungszone kommt niedriger (unter $n\,n$) zu liegen. Ein Theil der Beschickung würde unter diesen Umständen ziemlich todt auf der Rast ruhen, und nur in größerer Nähe der centralen Achsenlinie des Ofens würde ein lebhafteres Nachrücken der Gichten (Schichten des Brennmaterials und der Beschickung) erfolgen. Bei Anwendung sehr flacher Rasten ist man daher nicht allein genöthigt, ein Gestell von größerer Weite anzuwenden, sondern zugleich auch letzteres um so viel zu erniedrigen,

*) K. A. Weniger (der praktische Schmelzmeister, S. 75) giebt an, daß nach seinen Erfahrungen der Kohlenverbrauch bei Rastwinkeln von 65°, 55°, 45° und 25° sich verhalte wie respektive $3\frac{1}{4} : 2\frac{1}{4} : 1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{8}$. Wenn auch diese bedeutenden Unterschiede in den verbrauchten Kohlenmengen zum Theil von ganz anderen Umständen als vom Rastwinkel herrühren dürften, so erscheint das Resultat doch jedenfalls als ein beachtenswerthes. Auch auf dem Harze ist man der Ansicht, daß flache (40° — 45° betragende) Rasten von vortheilhafter Wirkung auf den Schmelzproceß sind. Von vielen anderen Seiten her wird das Gegentheil behauptet. Jedenfalls kommen hierbei mancherlei Umstände in Betracht, welche weder ein absolut günstiges noch ein absolut ungünstiges Urtheil gestatten. Bei Kohks-Hohöfen, die mit stark gepreßtem Winde betrieben werden, können flache Rasten schon aus dem Grunde von keinem besonderen Effekte seyn, weil sie bald wegschmelzen.

daß die am unteren Theile der Rast befindliche Beschickung allmälig wegschmelzen und anderen Theilen der nachrückenden Schmelzsäule Platz machen kann. Allein der Erweiterung des Gestells sind dadurch Grenzen gesetzt, daß ein um so größerer Theil der Schmelzsäule unmittelbar bis ins Gestell, ja selbst bis in den Heerd drückt, was von verschiedenen Uebelständen begleitet ist. Bei einem normalen Ofengange ist dieser Druck nicht stärker, als daß er das allmälige Nachrücken der Schmelzsäule nur in solchem Maße bewirkt, daß der durch Verzehrung des Brennmaterials und durch Niederschmelzen des Eisens und der Schlacke entstandene Raum stets wieder gleichmäßig ausgefüllt wird. Hierbei ist die Dossirung der Rast und die obere Weite des Gestells natürlich von großem Einfluß.

Einfluß des Rastwinkels in der Praxis.

Theoretische Untersuchungen über den vortheilhaftesten Rastwinkel brauchen jedoch kein minutiöses Resultat anzustreben. Durch gewisse, in der Praxis stattfindende Umstände werden wir dieser Mühe enthoben. Gestell und Rast bleiben bei einem im Betriebe stehenden Hohofen nicht lange von derjenigen Form, in welcher man sie herzustellen für zweckmäßig erachtete. Sie werden — besonders bei stark gepreßtem erhitzten Winde und festem Brennmaterial — oft sehr bald durch Abschmelzen des Mauerwerkes verändert. Bis zu welchem bedeutenden Grade diese Veränderungen eintreten können, gewahrt man mitunter an den ausgeblasenen Hohöfen. Folgendes ist ein aus der Wirklichkeit entnommenes Beispiel hiervon. Ein Eisenhohofen besaß in seinem neu hergestellten Zustande eine Construktion, wie Fig. 135, a, b angiebt.

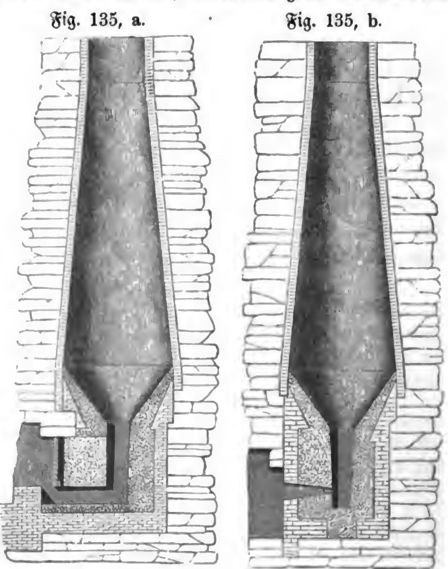


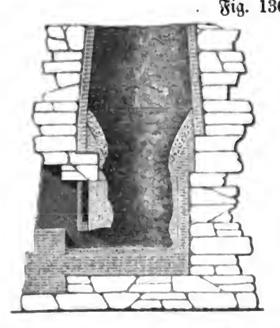
Fig. 135, a. Fig. 135, b.

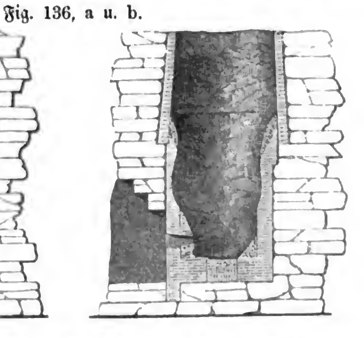
Nach Beendigung der Schmelz-Campagne zeigte sich das Innere dieses Ofens, vom Kohlensack abwärts, in der Weise verändert, wie in Fig. 136, a, b dargestellt ist.

Von der Rast war fast nichts mehr übrig

geblieben, und Gestell und Kohlensack waren beinahe von gleicher Weite geworden.

Fig. 136, a u. b.





Daß eine Schmelz-Campagne bis zu einer solchen Deformität des Ofenschachtes fortgesetzt und dabei immer noch ein leidlich graues Roheisen erhalten werden kann, scheint alle scharfen Regeln in Betreff der Construktion der Rast und des Gestelles überflüssig zu machen. Allein so weit darf denn doch die Sorglosigkeit keineswegs gehen, wie sich aus folgenden Umständen ergiebt. Die Erzeugung eines grauen Roheisens bei sehr erweitertem Gestell und theilweise niedergeschmolzener Rast wird nur dadurch ermöglicht, daß sich hierbei an die Gestellwände gesinterte Massen, oft großentheils aus einem kohlearmen Eisen (Frischeisen) bestehend, ansetzen und so gewissermaßen an die Stelle des zerstörten Mauerwerks treten*). Je weniger dies geschieht, je mehr sich also Gestell- und Rastraum wirklich erweitern, desto schwieriger wird es, den Ofen in der Produktion von grauem Roheisen zu erhalten, was sich dann gewöhnlich nur durch eine entsprechende Aufopferung an Brennmaterial erreichen läßt. Wenn also auch eine skrupulöse Genauigkeit hinsichtlich des Rastwinkels und der Gestellweite nicht durch einen entsprechenden Erfolg belohnt werden dürfte, so ist doch eine gewisse Sorgfalt hierbei ohne Zweifel von Nutzen; und zwar von so größerem Nutzen: je mehr die Feuerfestigkeit des zur Rast und zum Gestell angewendeten Baumaterials eine längere Dauer dieser wichtigen Ofentheile garantirt**).

*) In Hohöfen, welche sehr lange Schmelz-Campagnen gehabt haben, findet man solche zusammengesinterte Frischeisen-Massen oft von außerordentlicher Größe. Wenn ich nicht irre, habe ich vor etwa 12 Jahren bei der Rothen Hütte auf dem Harze eine derartige Ofensau liegen sehen, welche seit dieser Zeit ihren Platz wohl kaum verändert haben dürfte.

**) In Belgien bedient man sich eines überaus feuerfesten Materials zu den Gestell- und Raststeinen. Es ist dies der Sandstein von Huy, ein sehr grobkörniges Kiesel-Conglomerat. Obgleich die zum Gestell und zur Rast eines

Gewöhnliche Größe der Rastwinkel.

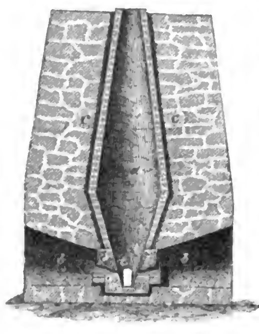
Ein Rastwinkel von ungefähr 45° dürfte in vielen Fällen, namentlich für Holzkohlenöfen ein passender seyn. Die meisten Hohöfen haben inzwischen einen größeren. Bei Kohkshohöfen trifft man Rastwinkel bis zu 60° und darüber. Daß man auf solche Weise einen stärkeren Hitzgrad in die Rast bringt und der Schmelzsäule mehr Tendenz zum Nachrücken giebt, befördert jedenfalls die absolute Produktion an Roheisen. Die dadurch beeinträchtigte Kohlung vor der Schmelzung (S. 17) wird bei Kohkshohöfen durch die Kohlung nach der Schmelzung wieder eingeholt, zu welcher hier die hohe Temperatur in der Schmelzzone eine gute Gelegenheit bietet. Doch ist dabei zu erwägen, daß — wie früher, S. 48, gezeigt wurde — die Kohlung nach der Schmelzung eine verhältnißmäßige Verunreinigung des Roheisens mit sich führt.

Hohöfen zur Produktion v. weißem und lichtgrauem Roheisen.

Hohöfen, welche zur Produktion von weißem Roheisen bestimmt sind, müssen eine Construktion erhalten, welche die Hervorbringung eines hohen Hitzgrades in der Schmelzzone nicht begünstigt. Dies wird durch Erweiterung des Gestells und Vergrößerung des Rastwinkels erreicht. Im Extreme dieser Maßregel entstehen hieraus die sogenannten Blauöfen, Fig. 137, wie man sich deren in Steyermark, bei Anwendung von Holzkohlen, zur Produktion von Spiegeleisen aus Spatheisensteinen bedient. Jedoch nur so günstige Verhältnisse, wie sie in Steyermark hinsichtlich der Erzeugung eines weißen Eisens stattfinden, machen die Anwendung dieser — durch gänzliches Fehlen des Gestelles charakterisirten — Schachtform räthlich. Bei Erzen, welche schwerer reducirbar und strengflüssiger als Spatheisensteine und Sphärosiderite sind, würde man bei einem solchen Ofen sehr leicht dem Rohgange ausgesetzt seyn. Zugleich sind die Blauöfen durch ihre geschlossene Brust von anderen Eisenhohöfen verschieden.

Steyerischer Blauofen.

Fig. 137.



größeren Ofens erforderlichen Steine dieser Art auf etwa 2500 Rthlr. (ohne Rast auf 2000 Rthlr.) zu stehen kommen, hat die Erfahrung dennoch gelehrt, daß diese Ausgabe durch längere Ofen-Campagnen reichlich gedeckt wird. Es sind hier Campagnen von 8 — 10 Jahren vorgekommen, wobei allerdings die weiten Gestelle und steilen Rasten der Belgischen Oefen auch das ihrige mitgewirkt haben. Die Harzer Hohöfen, welche mit engen Gestellen und flachen Rasten versehen sind und deren Gestell aus Blankenburger Sandstein besteht, erreichen mitunter 5 — 6jährige Campagnen. Bei mehreren Norwegischen Hohöfen scheut man nicht die Kosten, die feuerfesten Gestellsteine aus England zu beziehen.

Fig. 138.

Belgischer Kohks-Hoh-ofen.

In Belgien, wo man Brauneisensteine mit Kohks verschmelzt, wendet man zur Darstellung eines weißen (zum Theil nur grauweißen) Roheisens (fonte d'affinage) Oefen von der Schachtform Fig. 138 an.

Das etwa $6^1/_2$ Fuß hohe und oben 3 Fuß weite Gestell verläuft sich hier unter einem Winkel von ungefähr 62° in den eigentlichen Schacht, ohne mit diesem — wie sonst gewöhnlich — einen scharfen Winkel im Kohlensack zu bilden.

Schwedische u. Norwegische Holzkohlen-Hohöfen.

Die Schwedischen und Norwegischen Hohöfen, welche ebenfalls mehr auf lichte Roheisensorten, als auf graues Gußroheisen berechnet zu seyn pflegen, haben eine Construktion, welche sich der der Belgischen Hohöfen so weit anschließt, als dies bei der Verschiedenheit der Erze und des Brennmaterials geschehen kann. Fig. 139 a, b zeigt einen Schwedischen Eisenhohofen (von Finspång) in zwei um 90° verschiedenen Vertikal-Durchschnitten.

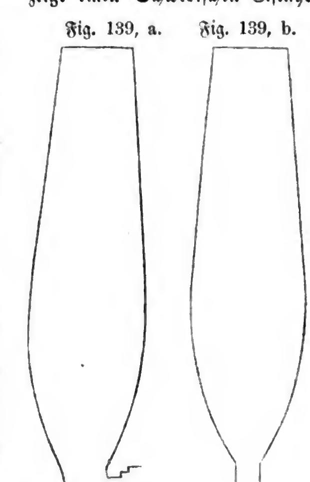


Fig. 139, a. Fig. 139, b.

Kohlensack und Gestell sind durch eine Kurve verbunden, deren Krümmung nicht auf allen Seiten des Schachtes eine gleiche ist. Das Gestell ist an der Formseite (man wendet nur eine, etwas geneigt liegende Form an) $2^1/_2$ Fuß, an der Windseite 2 Fuß hoch; an der Rückseite läuft die Rast-Kurve bis in den Heerd. Der Schacht hat eine Höhe von $28^1/_2$ F. und eine Gichtweite von $4^1/_2$ F. Oefen von größerer Höhe als 32 F. kommen in Schweden nicht vor.

Ein Norwegischer Hohofen (von Bärum bei Christiania) hatte im Jahre 1838 eine Schachtform, wie Fig. 140 (s. f. S.) angiebt.

Schachthöhe 30 F. Gichtweite $4^1/_2$ F. Größte Weite im Kohlensack 8 F.

Höhe des Kohlensacks über der Heerdsohle 12 F. Gestellweite bei der Form

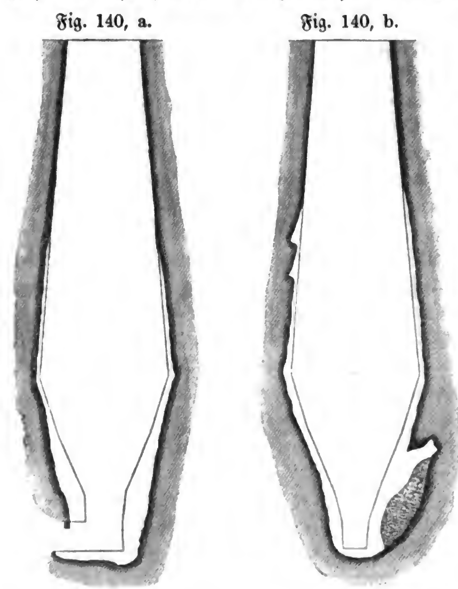


Fig. 140, a. Fig. 140, b.

22 Z. Weite des Heerdes an der Sohle 20 Z. Nach einer Schmelz-Campagne von zwei Jahren zeigte sich nach dem Ausblasen der Schacht in seiner Gestalt so verändert, wie es durch die Schraffirung außerhalb der geradlinigen Schachtcontouren in Figur 140, a, b angedeutet ist. An der Windseite (der Form gegenüber) hatte sich eine größtentheils aus zusammengesintertem Frischeisen bestehende Ofensau gebildet, welche hier das Mauerwerk gegen weitere Beschädigung beschützte. Bei der neuen Herstellung des Ofens wurde derselbe im Kohlensack etwas enger (nur 7 F. 3 Z. weit) gemacht.

Größe der Hohofenschächte.

Die Größe der Hohofenschächte und die Verhältnisse gewisser ihrer Hauptdimensionen zu einander findet man auf den verschiedenen Eisenhüttenwerken von überaus großer Verschiedenheit. Es giebt Eisenhohöfen, deren Höhe (von der Heerdsohle bis zur Gicht) kaum 20 F. beträgt, während andere, wie z. B. die oben gedachten Belgischen Hohöfen, eine Höhe von 50 F. erreichen*); und in England hat man Kohks-Hohöfen von sogar 60 F. Höhe. Eine Höhe von 20 F. ist jedenfalls bedeutend zu gering, um eine hinreichende Vorbereitung der Erze durch die Ofengase zu gestatten. Für einen kleineren Betrieb — wie er bei Oefen von geringer Capacität, die mit schwach gepreßtem und ziemlich knappem Winde gespeist werden, stattfindet — mag eine Höhe von 28 — 30 F. hinreichend seyn. Eine Höhe von 35 F. kann bei Holzkohlen-Hohöfen in der Regel nicht gut überschritten werden, weil

*) Die Hohöfen Fig. 135, 138, 139 und 140 sind nach gleichem Maßstab gezeichnet. Der letztere ist ungefähr 30 F. hoch und an der Gicht $4\frac{1}{2}$ F. weit.

sonst zu leicht eine Zerdrückung des Brennmaterials in den unteren Schichten eintritt. Bei schwerer reducirbaren Erzen von nicht zu kleinem Korne, bei nicht leicht zerdrückbarem Brennmaterial (Kohks) und einer reichlicheren Menge stark gepreßten Windes ist es aber ohne Zweifel vortheilhaft, Schächte von 40 F. Höhe und selbst darüber anzuwenden. Die meisten Oberschlesischen Kohks-Hohöfen sind 40 — 45 F. hoch. Kohks- und Anthracit-Hohöfen von 50 — 60 F. Höhe pflegen nur zur Verschmelzung ungerösteter Erze zu dienen; man benutzt also gewissermaßen die oberen 10 — 20 F. ihres Schachtes als Röstofen. In Betreff einer Ersparung an Brennmaterial erscheint dies vortheilhaft; allein unmöglich können hierdurch, da die Erze auf solche Weise hauptsächlich nur *reducirenden* Gasen ausgesetzt sind, die Wirkungen einer guten *oxydirenden* Röstung (S. 68) erreicht werden.

Hohöfen von etwa 30 F. Höhe, wie sie bei Holzkohlenbetrieb häufig vorkommen, pflegen — bei etwa 8 F. Kohlensack-Durchmesser — einen räumlichen Inhalt von 700 — 800 Cub.-F. zu haben; Kohks-Hohöfen von 40 F. Höhe eine Capacität von wenigstens 1500 Cub.-F., bei einem Kohlensack-Durchmesser von 11 F. eine Capacität bis zu 1900 und 2000 Cub.-F. Der Inhalt der 48 — 50 F. hohen Oefen mit 13 — 14 F. Durchmesser im Kohlensack beträgt ungefähr 3500 — 4000 Cub.-F., ist also 5mal so groß als der eines gewöhnlichen Deutschen Holzkohlen-Hohofens von 30 F. Höhe.

Verhältniß der verschiedenen Dimensionen von Hohöfen zu einander.

Es giebt empirische Regeln, welche von der Schachthöhe oder von dem Kohlensack-Durchmesser eines Ofens alle übrigen Dimensionen des Ofenschachtes bis zu einem gewissen Grade abhängig machen. In dem Folgenden sind einige dieser Regeln angeführt.

Kohlensack.

Der *Durchmesser des Kohlensacks* beträgt bei den meisten Eisenhohöfen 0,2 — 0,3 der Schachthöhe (von der Heerdsohle bis zur Gicht). Hat man eine hinreichende Menge stark gepreßter Gebläseluft zu seiner Disposition, so dürfte es vortheilhaft seyn, den Kohlensack-Durchmesser auf das Maximum dieser Grenze zu bringen. In einigen Englischen Kohks-Hohöfen steigt der Kohlensack-Durchmesser bis zu 0,33 der Schachthöhe, mitunter sogar noch etwas darüber.

Die Höhe des Kohlensacks über dem Bodenstein (der Sohle des Heerdes) ist = 0,25 — 0,33 — 0,40 der Schachthöhe, je nachdem man eine leichte Beschickung (leichte Kohlen, leicht reducirbare und leicht schmelzbare Erze) mit schwächerem Winde, oder eine schwere Beschickung mit stärkerem Winde zu verschmelzen hat. In den 50 — 60 F. hohen Kohks- und Anthracit-Hohöfen liegt der Kohlensack nicht höher als in Oefen von 40 — 45 F. Höhe, weil, wie schon erwähnt, der obere Theil jener Oefen nur als Röstraum dient. Bei Oefen, welche einen cylindrischen Kohlensack (Bd. I, S. 78) haben, beziehen sich diese Angaben auf die *untere* Fläche

desselben. Die Höhe dieses Kohlensacks wechselt bei verschiedenen Kohks-Hohöfen zwischen ungefähr 2 — 6 F.; doch läßt sich dieselbe oft nicht genau bestimmen, da die Wände des Kohlensacks sich in einer schwach gekrümmten Kurve nach oben und unten zu verlaufen pflegen.

Gicht. Der Durchmesser der Gicht wird zu 0,4 — 0,5 des Kohlensack-Durchmessers, also zu 0,08 — 0,15 der Schachthöhe angenommen. Unter den oben gedachten Umständen und bei Anwendung einer Beschickung von nicht zu kleinem Korne, sowie eines nicht zu leicht zerdrückbaren Brennmaterials (S. 81), kann man ihn jedoch beträchtlich größer machen.

Gestell. Die Dimensionen des Gestelles üben einen sehr wesentlichen Einfluß auf den Gang des Hohofen-Processes aus, sowohl in Betreff der Qualität als der Quantität des erzeugten Roheisens. Dieselben sind abhängig von der Art und besonderen Beschaffenheit der Beschickung, des Brennmaterials und des zu producirenden Roheisens, von der Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft und von noch manchen anderen Umständen, unter denen auch die Anzahl der Formen und die Feuerfestigkeit des zum Gestell verwendeten Baumaterials eine Rolle spielen. Man sieht ein, daß es unmöglich ist, alle diese Funktionen ihrer Wirkung nach genau zu bestimmen, ja nur annähernd abzuschätzen, und daraus eine Formel zu entwerfen, welche die Dimensionen des Gestells für jeden speciellen Fall angiebt. Wir sind daher hier zunächst ausschließlich auf die Erfahrung gewiesen; aber die Theorie vermag es, einige Winke zu geben, welche uns auf dieser erfahrungsmäßigen Basis fortbauen helfen. Le Blanc und Walter führen hierüber in ihrem bekannten Werke Folgendes an.

Allgemeine Regeln und Man erweitert das Gestell nach oben zu: 1) um den Niedergang der Materien zu erleichtern; 2) um zu verhindern, daß der Schmelzpunkt zu hoch geführt und die Rast zu stark angegriffen werde; 3) um den Durchschnitt zu vergrößern, in welchem die Schmelzung zu erfolgen beginnt, und um eine größere Roheisenmenge im Gestell halten zu können, wobei man sich stets in solchen Grenzen hält, daß die Qualität des Roheisens nicht leidet.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß, um graues Roheisen zu produciren, das Gestell hoch und eng seyn müsse;

daß harte und dichte Kohlen ein höheres und weiteres Gestell erfordern, als leichte Kohlen;

daß es bei strengflüssigen Erzen noch mehr erhöht werden muß, als bei leichtflüssigen, und daß es in diesem Fall um so enger seyn muß, je leichter die Kohlen sind;

daß die weiten Gestelle dann zweckmäßig sind, wenn man nur weißes Roheisen produciren will, und daß sie in diesem Falle um so niedriger seyn können, je leichtflüssiger die Erze sind;

endlich, daß sich das Gestell um so weniger nach oben erweitern muß,

je zerreiblicher und um je mehr die Schmelzmaterialien zum Zusammendrücken geneigt sind.

Bei Holzkohlen-Hohöfen von 22 — 25 F. Höhe macht man das Gestell nicht niedriger als 4 F., und will man graues Roheisen produciren, so ist es zweckmäßig, es $4^3/_4$ F. hoch zu machen.

Bei 35—38 F. hohen Oefen wechselt die Höhe des Gestells von 5—6 F.

Bei Kohks-Hohöfen von $41^1/_2$ — $44^1/_2$ F. beträgt die Höhe des Gestells 6 — $6^1/_2$ F.; den 48 — 51 F. hohen Oefen kann man ein $6^1/_2$ bis 7 F. hohes Gestell geben.

Die Breite des Gestells an der Basis richtet sich nach der des Heerdes (von welcher weiter unten die Rede seyn wird); die obere Breite erhält man, wenn man die zweckmäßige Erweiterung zu der ersteren hinzufügt.

Sind die Kohlen sehr leicht und die Erze von der Art, daß sie zusammenbacken, so darf die Erweiterung auf jeder Seite $^1/_{20}$ von der Höhe des Gestells nicht übersteigen.

Bei leichten Kohlen und bei nicht sehr zerkleinten oder wenig zerreiblichen Erzen, ferner bei weichen Erzen und harten Kohlen kann die Erweiterung $^1/_{15}$ der Höhe betragen.

Bei leichten Kohks und leicht zerreiblichen Erzen beträgt die Erweiterung $^1/_{12}$, bei dichten Kohks und harten Erzen kann man sie bis auf $^1/_{10}$ oder $^1/_9$ erhöhen.

Diese Zahlen können als Grenzen für den Betrieb auf weißes und halbirtes Roheisen gelten; bei der Gewinnung von grauem muß die Erweiterung des Gestells ungefähr $^1/_3$ geringer seyn.

Allgemeine Betrachtungen hierüber.

In diesen Regeln ist gewiß viel Wahres, doch dürften dieselben noch mancher Specialisirung und Berichtigung unterworfen werden können. Die Dimensionen des Gestells sollten eigentlich nicht von anderen Ofendimensionen, sondern umgekehrt diese mehr oder weniger von jenen abhängig gemacht werden. Bei der Bestimmung der Breite des Gestelles handelt es sich zunächst um den größeren oder geringeren Hitzgrad, welchen man im Gestellraume (in der Schmelzzone) hervorbringen will, sowie um die Art und Beschaffenheit des dazu angewendeten Brennmaterials. Zwar hat man diesen Hitzgrad auch durch entsprechende Veränderung der Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft, sowie des relativen Brennmaterial-Quantums, in seiner Gewalt; allein es wäre nicht ökonomisch vortheilhaft, hierdurch allein die Produktion von grauem und weißem Roheisen dirigiren zu wollen. Hohöfen, welche ausschließlich oder großentheils zur Erzeugung von grauem Roheisen bestimmt sind, müssen mit einem engeren Gestell versehen seyn, als die zur Darstellung von weißem Roheisen dienenden. Wollte man in einem auf graues Roheisen zugestellten Hohofen, durch verminderte Menge und Pressung der Gebläseluft, sowie durch vermindertes relatives Brennmaterial-Quantum,

weißes Roheisen erzeugen, so könnte dies, abgesehen von anderen Schwierigkeiten, nur auf Kosten der absoluten Produktion geschehen. Wird dem Ofen dagegen ein weiteres Gestell gegeben, so kann man, bei richtiger Verminderung des relativen Brennmaterial-Quantums, sogar die Windmenge und Windpressung erhöhen und dadurch dennoch eine absolute Produktion von weißem Roheisen erlangen, die jene des grauen nicht allein erreicht, sondern selbst bedeutend übertrifft. In Bezug auf die Höhe des Gestells kann man sich von folgender Betrachtung leiten lassen. Man denke sich ein Gestell mit einer angemessenen Dossirung seiner Wände in die Höhe geführt, und einen Schmelzproceß darin im Gange. Ist das Gestell sehr hoch, so wird die obere Grenze der Schmelzzone mehr oder weniger beträchtlich unterhalb des oberen Gestell- (oder unteren Rast-) Endes zu liegen kommen. Die vortheilhafteste Höhe desselben ist nun im Allgemeinen die, bei welcher die Schmelzzone etwas über das obere Gestellende hinausragt, also noch in den untersten Theil des Rastraumes eintritt. Wollte man das Gestell bedeutend kürzer machen, so würde man, in Folge der bei der Rast eintretenden Temperatur-Verminderung (S. 80), das Volum der Schmelzzone und folglich die absolute Produktion, sowie den Kohlenstoffgehalt des Roheisens vermindern; ja selbst der relative Brennmaterial-Verbrauch würde höher ausfallen. Machte man dasselbe dagegen bedeutend höher, so würde, wie leicht einzusehen, das Nachrücken der Gichten aus dem Rastraume ins Gestell erschwert und dadurch ein ähnliches ungünstiges Resultat hervorgebracht werden. Für jede Hohofen-Beschickung, welche mit einer bestimmten Art von Brennmaterial und einer gewissen Windmenge von bestimmter Pressung und Temperatur verschmolzen wird, giebt es daher eine bestimmte Weite und Höhe des Gestells, welche hinsichtlich der absoluten Roheisen-Produktion und des relativen Brennmaterial-Verbrauchs die vortheilhafteste ist. Umgekehrt läßt sich für ein bereits vorhandenes Gestell zwar ein Schmelzgang ausfindig machen, welcher für diese Gestellform der relativ vortheilhafteste seyn mag; aber in den meisten Fällen nicht ein solcher, welcher für die zu verschmelzende Beschickung und die zu Gebote stehende Menge und Pressung der Gebläseluft als der absolut vortheilhafteste gelten darf. Das zur bestmöglichen Benutzung der disponiblen Gebläseluft geeignete Gestell läßt sich durch eine Reihe mit Umsicht angestellter Versuche ausfindig machen, bei denen man von Dimensionen, wie sie sich aus den oben aufgestellten Regeln ungefähr ergeben, ausgehen kann. Ist man hierdurch zum Ziele gelangt, was mitunter erst nach vieljährigen Bestrebungen eintreten dürfte, so wird es sich bisweilen herausstellen, daß es vortheilhafte Dimensionen des Gestellraumes giebt, welche nicht innerhalb der durch jene Regeln gesteckten Grenzen fallen. Namentlich wird man finden, daß eine sehr reichliche und stark gepreßte Gebläseluft, wie sie besonders bei schwer verbrennlichen (dichten und spe-

cifisch schweren) Kohks angewendet wird, weitere und auch höhere Gestellräume erfordert, als es jene Regeln vorschreiben. — Der horizontale Durchschnitt des Gestells ist quadratisch oder kreisrund; seltener oblong. Mitunter giebt man ihm auch die Form eines Polygons.

Rast-Capacität.

Indem wir bei der inneren Construktion eines Hohofens von unten aufwärts gehen, kommen wir vom Gestell noch einmal auf die Rast zurück. Gestell- und Rastraum müssen einander in ihrer Größe stets entsprechen; und zwar ist dies bei der Produktion von grauem Roheisen noch nothwendiger, als bei der von weißem. Ein großer Schmelzraum erfordert einen entsprechenden Raum, in welchem das Eisen zur Schmelzung vorbereitet, d. h. in noch nicht flüssigem Zustande bis zu einem möglichst hohen Grade gekohlt wird*). Findet man es daher, bei Versuchen über die zweckmäßigste Gestellform, für nothwendig, die Capacität des Gestells zu verändern, so muß auch eine entsprechende Veränderung mit der Rast vorgenommen werden, vorausgesetzt, daß diese zuvor eine für jenes Gestell passende Capacität besaß. Besonders bei einer dicht liegenden Beschickung, welche den Ofengasen nur schwierig den Durchgang gestattet, hat man auf eine geräumige Rast zu sehen, denn innerhalb dieses Raumes ist die Beschickung jedenfalls noch am meisten der Einwirkung jener Gase ausgesetzt, während letztere oberhalb der Rast — wie früher (S. 81) gezeigt wurde — großentheils zwischen der Schmelzsäule und den Ofenwänden aufsteigen. — Ein passendes Verhältniß zwischen dem Rastraum und dem darüber liegenden Schachtraum zu finden, ist insofern weniger schwierig, als ein reichliches Volum des letzteren nur bei einer dichtliegenden Beschickung von Nachtheil seyn kann, indem dadurch das Aufsteigen der Ofengase noch schwieriger gemacht wird. Hohöfen, deren oberer Schachtraum zu klein gegen den Rastraum ist, werden selten angetroffen; häufig aber solche, in denen Rast und Gestell in keinem richtigen Verhältnisse zu einander stehen.

Regeln ausfindig zu machen, welche für eine gegebene Beschickung, ein bestimmtes Brennmaterial und eine gegebene Wind-Capacität die richtigen Dimensionen des Gestells und der Rast genau vorschreiben, wären gewiß sehr wünschenswerth; aber es ist wenig Hoffnung vorhanden, daß man dieselben jemals finden wird. Es kommen hierbei eine so große Menge von Umständen in Betracht, deren Einfluß theils nur annähernd, theils so gut wie gar nicht abgeschätzt werden kann, daß die rechnende Theorie hier äußerst

*) Wenn von dem Größenverhältniß des Gestellraumes zum Rastraume die Rede ist, so ist es richtiger, unter jenem nur das Obergestell — vom Form-Niveau bis zum Rast-Ende — zu verstehen, während man sonst im Allgemeinen z. B. unter Höhe des Gestells den ganzen senkrechten Abstand vom unteren Rast-Ende bis zum Heerdboden (zur Heerdsohle) zu begreifen pflegt.

wenig zu leisten vermag. Dagegen würde es von großem Interesse seyn, Erfahrungs-Resultate über das Größen-Verhältniß der Rast- und Gestellräume — mit Zuziehung aller hierbei in Betracht kommenden Umstände — bei verschiedenen Hohöfen zu sammeln. Beispielsweise folgen hier einige derartige Angaben über die Belgischen Kohks-Hohöfen und den Oberschlesischen Kohks-Hohofen zu Königshütte.

Rast-Capacität der Belgischen Hohöfen und des Hohofens zu Königshütte.

Da die Betriebsverhältnisse dieser Hohöfen in dem folgenden Abschnitte (Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials) angegeben sind, so handelt es sich hier zunächst nur darum, die bei denselben stattfindenden Größenverhältnisse der Rast- und Gestellräume zu bestimmen. Sind beide diese Räume bei einem Hohofen von konischer Gestalt, und man bezeichnet mit H die senkrechte Rasthöhe, mit h die senkrechte Gestellhöhe und mit R, r und r_1 respektive die Halbmesser des Kohlensacks, des oberen und des unteren Gestellendes, so verhält sich der cubische Inhalt der Rast J zu dem des Gestelles i

$$J : i = H\,[R^2 + r\,(R + r)] : h\,[r^2 + r_1\,(r + r_1)].$$

Die betreffenden Dimensionen bei jenen Hohöfen sind nun folgende, und zwar nach Englischen Fußen:

	H	h	R	r	r_1
Hohöfen von					
Seleſſin und Châtelineau	$16\frac{1}{12}$	$7\frac{15}{24}$	$7\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{7}$
Espérance	$15\frac{1}{2}$	7	7	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$
Grivegné	$18\frac{11}{12}$	$7\frac{7}{12}$	9	2	$1\frac{1}{4}$
Couillet	$13\frac{1}{8}$	$7\frac{1}{4}$	7	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$
Königshütte	$1\frac{5}{6}$	$7\frac{5}{24}$	$5\frac{2}{3}$	$1\frac{7}{8}$	1

Hieraus ergiebt sich:

Grivegné. Seleſſin und Châtelineau. Espérance. Couillet. Königshütte.

$$\frac{J}{i} = \frac{1950}{61} : \frac{1200}{65} : \frac{997}{55^1/_2} : \frac{844}{49^1/_2} : \frac{547}{46}.$$

Wird bei jedem dieser Oefen $i = 1$ gesetzt, so erhält man die Zahlen

32 $18^1/_2$ 18 17 12

welche die Rast-Capacitäten der verschiedenen Oefen, das Gestell-Volum als Einheit angenommen, ausdrücken. Doch bedürfen diese Zahlen noch einer Correktion. Bei unserer Berechnung wurden Rast und Gestell von konischer Form angenommen. In Betreff des Gestells ist dies richtig, nicht aber in Betreff der Rast, deren Wände — vom Gestell bis zum größten Schacht-

Halbmesser R — die Gestalt einer Kurve haben. Nehmen wir dieselbe bei allen Oefen von annähernd gleicher Krümmung an, so läßt sich der Inhalts-Zuwachs bei der Rast eines jeden Ofens etwa zu $12\frac{1}{2}$ Proc. ($\frac{1}{8}$ des früher berechneten Volums) veranschlagen, und wir erhalten dadurch:

	Grivegné.	Seleſſin und Châtelineau.	Espérance.	Couillet.	Königshütte.
$\frac{J}{i} =$	36	$20\frac{3}{4}$	$20\frac{1}{4}$	19	$13\frac{1}{2}$

Als mittlere Rastcapacität bei den Oefen von Seleſſin, Châtelineau, Espérance und Couillet ergiebt sich $\frac{J}{i} = 20$. Eine solche Rastcapacität scheint, so weit die jetzigen Erfahrungen reichen, für die Belgischen Betriebsverhältnisse die vortheilhafteste zu seyn. Der Ofen von Grivegné, mit der außerordentlich hohen Rastcapacität = 36, aber mit keinem größeren Gestell als die meisten kleineren Belgischen Hohöfen, producirt in einer gegebenen Zeit nicht mehr Roheisen als letztere, bleibt sogar hierin gegen einige derselben zurück. Man ersieht hieraus, daß, wenn für ein bestimmtes Gestell-Volum die passendste Rastcapacität erreicht ist, die absolute Produktion durch eine bloße Erweiterung der Rast nicht erhöht werden kann. Zur Vergleichung der Rastcapacität der Belgischen Hohöfen mit der des Hohofens von Königshütte bedarf es einiger erläuternden Bemerkungen. Ein unmittelbarer Vergleich wäre hier durchaus nicht zulässig, da Beschickung, Brennmaterial, Windcapacität und Beschaffenheit des producirten Roheisens zum Theil sehr verschieden sind. Was jedoch die Verschiedenheit des an beiden Orten producirten Roheisens betrifft, so kann dieselbe allenfalls außer Acht gelassen werden. Zwar sind die Belgischen Oefen vorzugsweise für weißes Roheisen bestimmt, während der Königshütter Hohofen hauptsächlich graues erzeugt; allein es ist zu berücksichtigen, daß die Belgischen Oefen, so lange ihr Gestell noch nicht erheblich ausgeblasen ist, zum Erblasen von grauem Roheisen benutzt zu werden pflegen. Die weitere Ausführung des Vergleiches muß dem folgenden Abschnitte (Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials) vorbehalten bleiben.

Heerd.

Die Dimensionen des Heerdes. Die Capacität des Heerdes ist natürlich abhängig von der Quantität Roheisen, welche sich in der, zwischen zwei aufeinander folgenden Abstichen (Abzapfungen, Ausschlägen) liegenden Zeit ansammelt oder ansammeln soll; es wird also bloß darauf ankommen, das Verhältniß zwischen Höhe, Breite und Länge anzugeben. Walter und Le Blanc setzen dieses Verhältniß $h : b : l = 1 : 1{,}2 : 3{,}33$. Bezeichnet man das Maximum des in Centnern ausgedrückten Roheisen-Quantums, welches der Heerd bei einem bis zu 24 Stunden ausgesetzten Abstiche fassen

muß, mit p, und nimmt man an, daß 1 Cub.-F. Roheisen $4^1/_2$ Ctr. wiegt, so ergiebt sich

$$h \,.\, 1{,}2\, h \,.\, 3{,}33\, h = \frac{p}{4{,}5}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{p}{18}} \text{ (in Fußen)},$$

sowie $b = 1{,}2\, h$ und $l = 3{,}33\, h$. Es ist jedoch keineswegs gefährlich, von diesen Verhältnissen abzuweichen, wozu lokale Umstände Veranlassung geben können. Jedenfalls ist es nicht rathsam, die Gestellbreite von der Heerdbreite abhängig zu machen, sondern richtiger, das Umgekehrte zu thun. Bei der Construktion des Heerdes kommt es zunächst nur darauf an, das flüssige Roheisen in demselben möglichst vor Wärmeableitung zu schützen, was zum Theil dadurch geschieht, daß man — so weit es die Umstände gestatten — die Größe derjenigen Flächen, wo das Eisen am wenigsten der Abkühlung ausgesetzt ist, auf ein Minimum zu bringen sucht.

Formen.

Die Lage der Formen. Die Formen liegen auf dem Rande des Heerdes. Wendet man nur eine Form an, so muß diese auf demjenigen Seitensteine (Backensteine) des Heerdes liegen, welcher dicht an den Wallstein stößt, und also das Stichloch nicht zwischen sich und dem Wallsteine hat. Ferner legt man dieselbe nicht genau in die Mitte zwischen dem Tümpelstein und der Rückseite des Heerdes, sondern letztere etwas näher, damit ersterer mehr vor der Zerstörung durch Schmelzung geschützt ist. Bei zwei Formen ist deren Lage ebenfalls nicht genau in der Mitte zwischen den genannten Orten, sondern die eine Form wird etwa 4 — 6 Zoll rechts und die andere ebensoweit links von dieser Mittellinie gelegt. Wollte man beide Formen so anbringen, daß ihre Achsen zusammenfielen, so würden die aus ihnen kommenden Windströme einander begegnen, zurückprallen und sich gegenseitig in der Ausströmungs-Geschwindigkeit hemmen. Sollen drei Formen angewendet werden, so legt man zwei derselben auf die eben beschriebene Weise und die dritte in die Mitte des hinteren Heerdrandes. Die Achsen sämmtlicher Formen liegen in der Regel horizontal; nur in gewissen Fällen giebt man denselben eine kleine, dem Heerde zufallende Neigung.

Tümpelstein.

Die Lage des Tümpelsteins. Bei kleinen Heerden und sehr leichtflüssigen Schlacken kann die untere Seite des Tümpelsteins etwa 2 Zoll unter dem Form-Niveau liegen. Bei vielen Oefen, besonders bei den größeren Holzkohlen-Hohöfen, liegt derselbe in diesem Niveau selbst, bei den meisten Kohks-Hohöfen dagegen $1^1/_2$ — 2 Zoll, ja zuweilen selbst 4 Zoll darüber. Ein Gleiches pflegt der Fall bei Holzkohlen-Hohöfen zu seyn, in denen sehr strengflüssige Erze verschmolzen werden, und in deren Heerde und Gestell daher

viele Arbeiten mit der Brechstange nothwendig sind, welche ein niedrig liegender Tümpelstein erschweren würde.

Wallstein.

Die Lage des Wallsteins. Der Wallstein hat eine schanzenförmige Gestalt mit zwei Fußwinkeln von ungefähr 60°. Seine obere Fläche liegt etwa $1^1/_2$ — 2 Zoll unter dem Form-Niveau, bei sehr zäher Schlacke aber wenigstens gegen 3 Zoll, um zu verhindern, daß die Schlacke in die Formen steigt. In Belgien bedient man sich bei Hohöfen, in denen Beschickungen verschmolzen werden, welche — gewöhnlich in Folge starker Kalkzuschläge — eine sehr dünnflüssige Schlacke geben, eines Wallsteins von außergewöhnlicher Höhe. Derselbe ragt bis zu 10 Z. über dem Form-Niveau empor. Eck*) hat einen solchen erhöhten Wallstein, der zugleich mit einer besonderen Construktion des Tümpelsteins verbunden ist, auf der Königshütte in Oberschlesien eingeführt, und diese Vorrichtung für gewisse Fälle sehr vortheilhaft gefunden. Bei Anwendung eines stark gepreßten Windes nämlich wird die dünnflüssige Schlacke leicht über den Wallstein getrieben, wenn dieser nur die gewöhnliche Höhe besitzt. Es entweicht hierbei zugleich Wind aus dem Ofen, und das fast von jeder Schlackendecke befreiete Roheisen ist der unmittelbaren Einwirkung des Windes bloßgelegt. Bedient man sich aber eines erhöhten Wallsteins, so drückt der (auf Königshütte bis zu 6 Z. Quecksilber) gepreßte Wind zwischen Tümpel- und Wallstein eine flüssige Schlackensäule empor, welche den Vorheerd schließt und jenen Uebelständen abhilft. Zugleich erwächst hieraus der Vortheil, daß, da der Heerd sich wärmer erhält, sich weniger Ansätze im Gestell bilden. Früher hatte man auf Königshütte in 12 Stunden zwei Reinigungen des Gestelles vorzunehmen; jetzt, nach Einführung des erhöhten Wallsteins, genügt ein einmaliges Reinigen.

2) Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials.

Arten des Brennmaterials.

Während man sich bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Roheisen-Gewinnung noch fast ausschließlich der Holzkohle (Schwarzkohle) bediente, hat in neuerer Zeit die — in vielen Gegenden mit ökonomischem Vortheile verbundene — Anwendung der Kohks so überhand genommen, daß gegenwärtig ein bedeutend größeres Roheisen-Quantum durch Kohks als durch Holzkohle producirt wird. Außer diesen beiden wichtigsten Brennmaterialien kommen beim Eisenhohofenprocesse noch in Betracht: Steinkohlen (besonders Sinterkohlen, nebst Anthracit der Steinkohlen-Formation), Rothkohle, gedarrtes und lufttrocknes Holz, sowie auch Torf und Torfkohle. So ausgemacht es ist, daß, wenn es sich einzig und allein um die Darstel-

*) Karst. Arch. Bd. 22, S. 658. — Berg- u. Hüttenm. Ztg. Bd. 7, S. 745.

lung eines möglichst guten Roheisens handelt, Holzkohle und die reineren Kohkssorten die vorzüglichsten Brennmaterialien hierzu sind, so wenig läßt es sich in Abrede stellen, daß lokale Verhältnisse die Anwendung jener anderen Brennmaterialien (Bd. I., S. 505 — 515) mit einem pecuniären Gewinn verknüpfen können, welcher ihnen den Vorzug vor Holzkohle und Kohk verschafft.

Relative Menge des Brennmaterials und

Was sich von der Menge des Brennmaterials, welche zur Darstellung einer gewissen Quantität Roheisen im Hohofen erfordert wird, als Regel anführen läßt, kann schon deshalb von keiner besonderen Schärfe seyn, weil ein und dieselbe Brennmaterial-Gattung auf verschiedenen Hüttenwerken oft von sehr abweichender Beschaffenheit ist. Der Grad der Verkohlung, die Aschenmenge und der Gehalt von hygroskopischer Feuchtigkeit können sowohl bei Holzkohlen als Kohks sehr erhebliche Verschiedenheiten im Wärme-Effekte bedingen. Ein noch weniger sicheres Anhalten bietet sich aber bei den halbverkohlten und unverkohlten Brennmaterialien, deren chemische Zusammensetzung innerhalb weiter Grenzen veränderlich ist. Man hat hierbei zu berücksichtigen, was im ersten Bande über die Wärme-Effekte aller dieser Brennmaterialien angeführt wurde. Zur Vermehrung der Unsicherheit kommt aber noch hinzu, daß die auf die Gicht eines Hohofens gegebenen Brennmaterialien in der Regel nur gemessen und nicht gewogen werden; die Gewichtsmenge eines Brennmaterials, welche zur Darstellung einer bestimmten Quantität Roheisen erforderlich war, wird daher mittelst einer Berechnung gefunden, die in nicht wenigen Fällen als eine sehr oberflächliche zu betrachten seyn dürfte. Noch schwankender wird das Resultat dieser Berechnung dadurch, daß man auf einigen Hüttenwerken hierbei den Brennmaterialabgang in Anschlag bringt, welcher durch die Magazinirung u. s. w. veranlaßt wird (Kohlenverrieb; s. Bd. I., S. 294), während dies auf anderen Werken — und zwar wohl richtiger — nicht geschieht.

Ursachen ihrer Verschiedenheit: durch Beschaffenheit des Brennmaterials,

Außer diesen — in der Beschaffenheit der Brennmaterialien selbst liegenden — Ursachen eines variablen relativen Brennmaterialverbrauches, sind hierbei noch folgende Umstände von Einfluß.

durch Beschaffenheit des Erzes,

Beschaffenheit des Erzes. Schwer reducirbare und schwer schmelzbare Erze bedürfen eines größeren relativen Brennmaterial-Quantums, als leicht reducirbare und leicht schmelzbare *). Im Allgemeinen ist dies auch bei ärmeren

*) Welche Eisenerze zu den leicht reducirbaren und welche zu den schwer reducirbaren gehören, ist Bd. I., S. 588 angeführt worden. Doch war dort nur von den in mineralogischer Beziehung reinen Erzen die Rede. Bei den mit mehr oder weniger Gebirgs- und Gangart gemengten Erzen, wie sie zur Verschmelzung im Hohofen gelangen, ist diese Eintheilung bedeutenden Modifikationen unterworfen. Denken wir uns ein leicht reducirbares Erz, welches mit Silicaten imprägnirt vorkommt. Eine solche Imprägnation

Erzen, im Vergleich zu reicheren, der Fall; doch kann es natürlich vorkommen, daß zu einem armen, aber leicht reducirbaren und leicht schmelzbaren Erze ein geringeres relatives Brennmaterial-Quantum erfordert wird, als zu einem reichen von entgegengesetzten Eigenschaften. Die Beschaffenheit des Erzes bedingt auch die größere oder geringere Menge des Zuschlages, dessen dasselbe zur Schmelzung bedarf; und diese Zuschlag-Menge influirt auf den Brennmaterial-Verbrauch. Ferner kommt die Größe des Korns (das Volum der Erzstücke) gar sehr in Betracht (S. 39), so daß bei locker liegenden Erzen stets ein geringerer Brennmaterial-Aufwand stattfindet, als — unter sonst gleichen Umständen — bei mehr oder weniger dicht liegenden d. h. pulverförmigen.

Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft. Von dem Einfluß dieser Agentien auf den relativen Brennmaterialverbrauch wird im folgenden Abschnitte die Rede seyn. Eine feuchte Gebläseluft wirkt durch ihren Gehalt an Wasserdampf abkühlend auf die Ofentemperatur (Bd. I., S. 524) und zieht daher, im Vergleich zu trockner Gebläseluft, eine verhältnißmäßig größere Brennmaterial-Consumtion nach sich.

durch Menge und Art der Gebläseluft,

Ofen-Construktion. Inwiefern diese auf die Menge des verbrauchten Brennmaterials influirt, ist theils im vorigen Abschnitte, als daselbst von

durch Ofen-Construktion u.

---

macht das Erz schon an und für sich weniger porös und verzögert die Wirkung der reducirenden Ofengase; indem aber jene Silicate bei der Erhitzung im Ofen allmälig in einen erweichten Zustand übergehen — was um so eher geschieht, als ihre Schmelzbarkeit durch Eisenoxydul-Aufnahme aus dem Erze noch erhöht wird —, so wird dadurch jene Porosität fast ganz aufgehoben. Ein an und für sich leicht reducirbares Erz kann auf diese Weise zu einem schwer reducirbaren, oder doch schwer kohlenden und folglich schwer schmelzbaren werden. — Die nicht immer gehörig beachtete Imprägnation der Eisenerze mit fremdartigen Mineralien ist der Schlüssel zu so manchen scheinbar paradoxen Verhältnissen beim Hohofenbetriebe. So namentlich erklärt sich theilweise dadurch der oft erheblich verschiedene Brennmaterial-Verbrauch auf Eisenhüttenwerken, welche unter sonst ähnlichen Verhältnissen anscheinend dieselben Erze verschmelzen. Der Magneteisenstein ist nicht selten mit fein eingesprengtem Granat, Pistazit u. s. w. innig durchwachsen, Eisenglanz und Rotheisenstein sind häufig auf ähnliche Weise verunreinigt, letzterer besonders durch Quarz; und bei den Sphärosideriten können Mengung und Mischung sehr verschieden seyn. Während man daher z. B. den (mit Silicaten durchwachsenen) Eisenglanz in einigen Gegenden mit Recht als ein sehr strengflüssiges Erz betrachtet, geschieht die Zugutemachung des ausgezeichnet reinen Elbaer Eisenglanzes bei verhältnißmäßig sehr geringem Brennmaterialaufwande. Die schwere oder leichte Reducirbarkeit und der daraus folgende Grad der Schmelzbarkeit eines Erzes läßt sich also durchaus nicht genügend nach der mineralogischen Art desselben beurtheilen, sondern es wird hierzu eine genauere Kenntniß seiner Constitution erfordert, wie sie nur durch die chemische Analyse erlangt werden kann.

den Dimensionen des Gestells die Rede war, gezeigt worden, theils ergiebt es sich aus mehreren früheren Betrachtungen (z. B. S. 40).

durch Art des Roheisens.

Art des darzustellenden Roheisens. Daß das weiße Roheisen, und überhaupt die lichten Roheisensorten, welche größtentheils zur Stabeisen- oder Stahlfabrikation bestimmt sind, in der Regel beträchtlich weniger Brennmaterial erfordern, als das graue Gußroheisen, wurde ebenfalls schon auseinandergesetzt. Man sehe besonders den Abschnitt: Von der Erzeugung der verschiedenen Arten des Roheisens.

Die hier aufgezählten Ursachen eines verschiedenen relativen Brennmaterial-Verbrauchs, zu denen durch lokale Verhältnisse leicht noch andere kommen können, müssen bei den folgenden allgemeinen und speciellen Angaben stets im Auge behalten werden.

Gewöhnliche relative Menge Holzkohle.

Die Gewichtsmenge Holzkohle (Schwarzkohle), welche zur Darstellung von 1 Gwthl. Roheisen erforderlich ist, variirt, nach Karsten, von 1 Gwthl. bis zu 3 Gwthln. Unter besonders günstigen Umständen kann dieselbe jedoch sogar noch weniger als 1 Gwthl. betragen und bis zu etwa $^2/_3$ Gwthl. herabgehen. Bei leichten Nadelholzkohlen beträgt sie, nach Karsten, 1,6 — 3,0 Gwthl.; bei Kohlen von harten Hölzern — wenn damit reiche, leichtflüssige und locker liegende Erze verschmolzen werden — 1,0 bis 1,2 Gwthl.

Gewöhnliche relative Menge Kohk.

Die zur Darstellung von 1 Gwthl. Roheisen erforderliche Gewichtsmenge Kohk schwankt, nach Walter, in den meisten Fällen, zwischen 1,8 und 3,0. Bei leichtflüssigen Erzen beträgt sie gewöhnlich 1,8 — 2,1, bei Erzen von mittlerer Schmelzbarkeit 2,1 — 2,6, und bei strengflüssigen Erzen 2,6, — 3,0.

Ueber das relative Verbrauchs-Quantum unverkohlter und halb verkohlter Brennmaterialien lassen sich, aus nahe liegenden Gründen, nicht gut allgemeine Regeln aufstellen. — Die in den folgenden Beispielen angegebenen Maße sind, wo es nicht anders bemerkt ist, Preußisch (Rheinländisch). Die Centner sind Zollcentner (à 50 Kilogr.). Unter »tägliche Produktion« ist das Ausbringen an Roheisen während 24 Stunden zu verstehen.

Rel. Kohlenverb. = 1,5 — 2,0. (Graues Roh.) Windpressung = 2,3,".

Bei den Belgischen Holzkohlen-Hohöfen an der Sambre und zwischen der Sambre und Maas, welche mit zwei Formen betrieben werden (es sind deren 13 vorhanden), ist, nach Valerius*), der günstigste relative Kohlenverbrauch — welcher sich nur bei Anwendung der besten Eichenholzkohlen herausstellt — etwa = 1,5, unter weniger günstigen Umständen ungefähr = 2. Man verschmelzt in denselben verschiedene Arten Brauneisenstein mit einem Eisengehalte bis über 50 Proc. und erzeugt daraus graues Roheisen. Die Oefen sind alle über 30 F. hoch; ihr Kohlensack liegt $^1/_3$ dieser Höhe über der Heerdsohle und hat 6,5 F. Durchmesser. Höhe des Ge-

---

*) Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation, übersetzt von Hartmann, S. 544.

stells = 5,7 F. Die Pressung der kalten Gebläseluft beträgt etwa 2,3 Z. Quecksilber. Tägliche Produktion 80 Ctr. höchstens, gewöhnlich 70 Ctr. und weniger. — Bei den Hohöfen zu Marche-les-Dames (im Bezirk von Namur) beläuft sich der relative Kohlenverbrauch nach dreijährigem Durchschnitt auf 2,08. Die Erze (Braun- und Rotheisensteine) haben 35 Proc. sehr graues Frischroheisen gegeben. Höhe des Ofens = $28^1/_2$ F.; Kohlensackdurchmesser desselben = 7,6 F.; Gichtdurchmesser = 1,9 F. Dieser Ofen wird mit nur einer Form und kaltem Winde betrieben. Tägliche Produktion = 32 — 44 Ctr. — Ein Hohofen zu Berg (in der Provinz Luxemburg) producirt 1 Gwthl. Roheisen mit einem Aufgange von 1,5 — 2,0 Gwthl. harter Holzkohle, jenachdem das Eisen mehr oder weniger grau ist. Er ist etwas über 31 F. hoch, hat $7^1/_3$ F. Kohlensackdurchmesser und nicht ganz 3 F. Gichtweite. Der Kohlensack liegt $9^1/_4$ F. über dem Bodenstein. Das Gestell ist oben $2^1/_4$ F., unten $1^3/_7$ F. weit. Der Rastwinkel von 55° wurde für zu gering gehalten, und sollte, wegen Strengflüssigkeit der Erze, auf 67 — 69° erhöht werden. Man wendet zwei Düsen von kaum 2 Z. Durchmesser an und bläst mit kalter Luft von 1 — 1,3 Z. Quecksilber Pressung. Tägliche Produktion = 47 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 2,08 (Grau. R.)

Rel. Kohlenvrb. = 1,5 — 2,0 (Grau. R.) Windpressung = 1,15''.

Die Holzkohlen-Hohöfen in Toskana. Es sind deren vier vorhanden. Sie verschmelzen meistentheils Eisenglanz von der Insel Elba, mitunter auch Roth- und Brauneisenstein. Der Eisengehalt der Erze beträgt 60 — 65 Procent und wird zu 56 — 62 Proc. ausgebracht. Der relative Kohlenverbrauch (Laubholz- und zwar meist Eichenholz-Kohlen) beläuft sich, nach Garella*), nur auf 1,0 — 1,2 bei Anwendung von kaltem Winde; bei heißer Gebläseluft sogar nur auf 0,9. Alles dargestellte Roheisen (meist halbirtes und grauweißes) ist für den Frischerei-Betrieb bestimmt. Die Oefen sind $22^1/_2$ — $26^1/_2$ F. hoch, haben den Kohlensack, dessen Durchmesser = $5^3/_4$ — 7 F., fast in der Mitte ihrer Höhe und zum Theil kein Obergestell.

Rel. Kohlenvrb. = 0,9 — 1,0 — 1,2 (Grauw. R.)

Die folgende Zusammenstellung einiger der wichtigsten Verhältnisse bei dreien dieser Oefen dürfte von Interesse seyn.

Hohöfen von:	Tägliche Produktion.	Ofen-Capacität.	Windmenge pr. Min.	Pressung des Windes.	Temperatur. des Windes.
Fellonica	270 Ctr.	438 Cub.-F.	1132 Cub.-F.	2,65 Z. Q.	—
Cecina	190 »	281 »	905 »	1,92 »	—
San Leopoldo	220 »	362 »	846 »	2,65 »	160° C.

Die Windmengen sind auf 0° und 28'' Bar. berechnet.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Lölling in Unter-Kärnthen sind sogenannte Blauöfen (Hohöfen mit geschlossener Brust und ohne Obergestell). Es werden in denselben Spatheisensteine, Braunerze (verwitterter

*) Ann. d. mines. 3. sér. T. 16, p. 3.

Rel. Kohlenvrb. = 0,68 (Spiegeleisen). Windpressung = 1". Windtemperat. = 163°.

Spatheisenstein) und Glaskopf verschmolzen, welche nach der Röstung zu etwa 52 Proc. Eisengehalt gattirt werden. Der relative Verbrauch an Fichtenkohlen (?) (1 Cub.-F. noch nicht ganz $8^1/_2$ Pfd. Preuß. wiegend) beträgt, nach Tunner*), nicht mehr als 0,60 — 0,65. Die Oefen sind 40 F. hoch, am Bodenstein 44 Z., im Kohlensack $9^1/_2$ F. und an der Gicht 3 F. weit. Der Kohlensack liegt 14 F. über dem Bodenstein. Sie sind mit drei Düsen von $2^2/_3$ Z. Durchmesser versehen, welche dem Ofen, bei einem Druck von 0,9 — 1,1 Z. Quecksilber, in der Minute etwa 1250 Cub.-F. Luft zuführen. Man wendet erhitzte Gebläseluft von 160 — 175° C. an. Das ausgebrachte Roheisen (schwach bis stark halbirte Floßen) dient zum Verfrischen. Tägliche Produktion eines solchen Ofens = 325 — 340 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,2. (Spiegeleisen). Windpressung = 1,3". Windtemperat = 250°.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Hieflau in Steyermark verschmelzen ungeröstete Spatheisensteine ohne Zuschlag. Der relative Verbrauch an (Fichten- und Tannen-) Kohlen beträgt noch nicht ganz 1,2. Die Oefen (Blauöfen) haben 36 F. Höhe und sind am Bodenstein, im Kohlensack und an der Gicht respective 54 Z., 7 F. und 30 Z. weit. Der Kohlensack liegt in $^1/_3$ der Schachthöhe. Die Erze werden zu 41 Proc. ausgebracht. Man bläst durch zwei Düsen von $2^1/_2$ Z. Durchmesser. Windpressung 1,25 — 1,33 Z. Quecksilber. Die Gebläseluft wird bis 250° C. erhitzt. Tägliche Produktion = 210 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,78 (Grau. R.) Windpressung = 2,5". Windtemperat. = 125°.

Bei dem Holzkohlen-Hohofen zu Malapane in Oberschlesien finden, nach Wachler**), folgende Verhältnisse statt. Man verschmelzt hier zweierlei Erze, nämlich mulmige, sehr kieselthonreiche Brauneisenerze (Großsteiner Erze) von kaum 24 Proc. und Sphärosiderite (Babkowsker Erze) von 38 — 40 Proc. Eisengehalt. Das dazu verwendete Brennmaterial besteht in weichen Holzkohlen, einem Gemenge von Kiefern- und Fichtenkohle, wovon 1 Cub.-F. durchschnittlich 11 Pfd. Preuß. wiegt. Bei dem früheren Betriebe mit kalter Gebläseluft belief sich der relative Kohlenverbrauch bei den Großsteiner Erzen (Beschickung, incl. Kalkzuschlag, etwa 20 Proc. Eisen haltend) auf 2,66, bei den Babkowsker Erzen (Beschickung, incl. Kalkzuschlag, etwa 38 Proc Eisen haltend) auf 1,62. Das Roheisen dient ausschließlich zu Gußwaaren und ist in der Regel grau. Durch Einführung der erhitzten Gebläseluft stellten sich diese Resultate bedeutend günstiger. Bei Anwendung eines durchschnittlich 116° C. warmen Windes betrug der relative Kohlenverbrauch bei den Großsteiner Erzen 1,81, und bei den Babkowsker (160° C.) nur 1,00. Gewöhnlich gattirt man die Großsteiner Erze mit ungefähr $^1/_3$ der Babkowsker, so daß ein Durchschnittsgehalt der Gattirung von etwa 28 Proc. herauskommt, welcher einem Gehalte

*) Tunner's Jahrb. II. S. 220, III. und IV. S. 82.

**) Wachler, die Eisenerzeugung Oberschlesiens, Hft. 3, S. 16. und S. 41.

der Beschickung (mit 11 Proc. Kalk) von 25 Proc. entspricht. Eine derartige Beschickung mit heißem Winde von 100 — 150° C. verschmolzen, erfordert einen durchschnittlichen relativen Kohlenaufgang von 1,70 — 1,76. Der Malapaner Hohofen ist 30 F. hoch, und seine übrigen Dimensionen sind folgende*): Gichtweite 3 F.; Kohlensackweite 7 F.; obere Gestellweite 2,16 F.; untere Gestellweite 1,25 F.; Gestellhöhe 5,5 F.; Rasthöhe 4 F. (Rastwinkel 60°). Früher waren seine Dimensionen etwas abweichend von den oben gegebenen; auch wendete man zwei Düsen von $1^5/_8$ Z. Durchmesser an, während der Durchmesser der jetzt in Gebrauch stehenden $1^3/_4$ Z. beträgt. Der ältere, in seiner Capacität etwas geringere Ofen erhielt, bei 2 Z. Quecksilber gepreßtem Winde, pr. Minute nur etwa 560 Cub.-F. kalte Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, und bei 225° C. heißem Winde und $2^1/_2$ Z. Quecksilber Pressung sogar nur 470 Cub.-F. Luft. Der neu construirte Ofen erhält eine größere Windmenge**). — Tägliche Produktion, zufolge der neuesten Angaben, 52 — 53 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 0,91 (Grau. R.) Windpressung = 7″. Windtemperat. = 140°.

Der Holzkohlen-Hohofen zu Lauchhammer***) (in der Preußischen Provinz Brandenburg). Man verschmelzt hier Raseneisensteine von 37 — 40 Proc. Eisengehalt, welche mit Magnet- und Brauneisensteinen so gattirt werden, daß 14 Volthl. Raseneisenstein auf 1 Volthl. der letzteren kommen. Nur der Magneteisenstein wird geröstet, während die Vorbereitung der anderen beiden Erzsorten bloß in einem 1 — $1^1/_2$ Jahre langen Liegen an der Luft besteht. Die gattirten Erze, welche in Stücken von Wallnuß- bis Erbsengröße angewendet werden, beschickt man mit $6^1/_2$ — 10 Vol. Proc. Kalkstein. Die gesammte Beschickung besitzt nach der Probe im Kleinen einen durchschnittlichen Eisengehalt von 37 Proc., und wird bei ihrer Verschmelzung im Großen zu etwa 33,5 Proc. ausgebracht. Da der Betrieb vorzugsweise auf Gußwaaren gerichtet ist, so pflegt man alle Eisenabfälle aus der Gießerei u. s. w. sogleich wieder auf den Hohofen zu geben und mit der Beschickung durchzuschmelzen. Der Zusatz von solchem umzuschmelzenden Eisen (Schaaleneisen, Kelleneisen) betrug früher gewöhnlich 10 Proc. der Erzgattirung, so daß ungefähr 0,23 der täglichen Roheisenproduktion auf umgeschmolzenes Eisen kamen. Neuerlich hat man diesen Roheisenzusatz bedeutend gesteigert, zeitweise bis zu 30 Proc. der Erzgattirung, so daß dadurch etwa 0,47 der täglichen Roheisenproduktion auf umgeschmolzenes Roh-

*) Förster in demselben Werke, Hft. 6, S. 86.

**) Derselbe, l. c., S. 88.

***) Einen Theil der in diesem Abschnitte angeführten, sich auf einzelne Eisen-Hüttenwerke beziehenden Daten verdanke ich der gütigen Mittheilung mehrerer Hüttenbeamten, unter denen ich die Herren Buschbeck (Lauchhammer), Roth (Ilsenburg), Bischof (Mägdesprung) und v. Lilienstern (Marienhütte) hier zu nennen mir erlaube.

eisen kommen. Als Brennmaterial dienen gute Nadelholzkohlen, von denen 1 Cub.-F. gegen 10 Pfd. Preuß. wiegt. Das ausgebrachte Roheisen ist lichtgrau bis grau, hat feinen Schaum (Graphit) und ist weich und haltbar.

Die Dimensionen des Hohofens sind folgende:

Höhe des ganzen Ofenschachtes . . .	27′ 6″
» des Kohlensacks über dem Bodenstein	7′ 5″
» der Rast (vertikal gemessen) . . .	3′ 9″
(Rastwinkel = 52°)	
Höhe des Gestells	3′ 7″
» der Form über dem Bodenstein .	1′ 1/2″
Weite der Gicht	3′ 10″
» des Kohlensacks	7′ 6″
» des Gestells oben	1′ 5 1/8″
» des Gestells unten	1′ 2 1/2″
Cubischer Inhalt des ganzen Ofenraums	483 Cub.-F.

Der Ofen erhält seinen Wind durch ein Cylindergebläse mit zwei Cylindern von 38 Z. Weite und 42 Z. Hubhöhe. Da das Gebläse in der Minute 5,2 Spiele macht, also 20,8 Cylinder Wind liefert, so beträgt die pr. Minute ausströmende Windmenge, nach Abzug von 15 Proc. Windverlust, 488 Cub.-F. Luft von atmosphärischer Dichtigkeit. Ein hiervon sehr abweichendes Resultat erhält man dagegen aus folgenden Daten. Düsenöffnung = 0,01163 Quad.-F.; Windtemperatur = 140° C.; Barometerstand = 28,5 Z.; Manometerstand = 7 Z. Hieraus ergeben sich pr. Minute 436,5 Cub.-F. Luft von 140° C. = 294 Cub.-F. Luft von 0° C. (und 28 Z. Bar.) = 310 Cub.-F. Luft von 18° C. *). Der relative Kohlenverbrauch beläuft sich bei einem bloßen Erzschmelzen (ohne Anwendung des obengedachten Roheisenzusatzes) auf 0,91; bei einem mit Umschmelzung von 30 Proc. (der Gattirung) Roheisen verbundenen Schmelzen — wenn das verbrauchte Kohlenquantum nur auf das aus den Erzen dargestellte Roheisen bezogen wird — dagegen auf 0,98. Tägliche Produktion bei einer Schmelzung ohne Roheisenzusatz = 90 Ctr.; bei einer Schmelzung mit Roheisenzusatz — wobei letzterer in Abrechnung gebracht — gleich 73 1/3 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,0 (Grau. R.) Windpressung = 1,5″. Windtemperat. = 280°.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Ilsenburg (am Harz) verschmelzen eine aus Eisensteinen sehr mannigfaltiger Art zusammengesetzte Gattirung. Man wendet Eisenglanz, Roth-, Magnet- und Brauneisenstein an und unterscheidet von jeder dieser Sorten wieder mehrere Unterabtheilungen, je nachdem dieselben mehr oder weniger rein, kieselig (und thonig) oder kalkig sind.

---

*) Von dem Grunde dieser beträchtlichen Differenz zwischen den nach beiden Berechnungsarten gefundenen Windmengen wird weiter unten, bei den Belgischen Kohks-Hohöfen, die Rede seyn.

Ein passender Zusatz von kalkigem Eisenstein zu den anderen Erzarten macht einen besonderen Kalkzuschlag unnöthig. Der Eisengehalt der einzelnen Sorten variirt von 25 Proc. (klarer Brauneisenstein) bis zu 65 Proc. (reichster Magneteisenstein). Sämmtliche diese Erze, mit Ausnahme des klaren Roth- und Brauneisensteins, werden vor ihrem Verschmelzen geröstet. Die Röstung der kieseligen und kalkigen Erze geschieht in 15 F. hohen und 4 — 5 F. weiten (Rumford'schen) Schachtöfen, und die der reinen, namentlich der Brauneisensteine, in 7 F. hohen, 19 F. langen und 12 F. breiten Stadeln auf die Art, daß, durch entsprechendes Schließen und Oeffnen der Zuglöcher in den Umfassungswänden, ein Niederbrennen des mit dem Eisenstein geschichteten Brennmaterials von oben nach unten — wie bei einem Holzmeiler — stattfindet. Unterirdische Zugkanäle verstärken hierbei den Luftzug und vertreten solchergestalt die Fußräume eines Meilers. Bei dieser Construktion und der Anwendung von fichtenem Reisig und Fichtenzapfen ist es leicht, selbst klare Erze zu rösten*). Unmittelbar nach der Röstung werden die Eisensteine in niedrigen Haufen im Freien aufgestürzt, und, sobald dieselben durch atmosphärische Einwirkung hinreichend feucht geworden sind, vermittelst eines Walz-Quetschwerkes — aus zwei Walzenpaaren bestehend, von denen das eine dem anderen zufördert — zweckmäßig zerkleinert. Bei den kieseligen (strengflüssigen) Sorten erzielt man durch ein unterhalb des unteren Walzenpaares angebrachtes Schlagratter ein sehr gleichmäßiges rösches Korn, fast ohne Staub. Die anderen (leichtflüssigeren) Erze werden etwas gröber gewalzt, um eine hinreichende Lockerheit der Schmelzsäule im Hohofen zu bewirken. Die auf solche Weise zerkleinerten Eisensteine fährt man zu großen Haufen auf, welche gewöhnlich 2 — 3 Jahre der Witterung ausgesetzt bleiben, ehe sie zur Verhüttung kommen. Nur die reinen Brauneisensteine pflegt man in kürzerer Zeit anzuwenden. Alle schwefelkieshaltigen Erze werden nach ihrer Röstung einem jahrelangen Auslaugungs- und Verwitterungs-Processe im Freien unterworfen. Ist bei ihnen eine kräftige Einwirkung dieses Processes wahrzunehmen, und sind sie schon — namentlich durch den

---

*) Der Aufgang von Brennmaterial bei den verschiedenen Erzsorten beträgt im Durchschnitt für 1 Cub.-F. rohes Material bei

1) den reinen Eisenglanzen, Rotheisensteinen und Magneteisensteinen { 0,4 Cub.-F. fichtene Quandelkohle; 0,1 Cub.-F. fichtene Zapfen

2) den reinen Brauneisensteinen { 0,32 Cub.-F. fichtene Zapfen; 0,21 Bündel fichtenes Reisig (12 Z. Durchmesser)

3) den kieseligen Eisenglanzen, Rotheisensteinen und Magneteisensteinen { 0,39 Cub.-F. fichtene Quandelk.; 0,31 Cub.-F. fichtene Zapfen

4) den kalkigen Eisenglanzen, Rotheisensteinen und Magneteisensteinen { 0,41 Cub.-F fichtene Quandelk.; 0,15 Cub.-F. fichtene Zapfen.

Winterfrost — sehr zerfallen, so werden sie zerquetscht und dann nochmals einige Sommermonate hindurch ausgelaugt. —

Gewöhnlich gattirt man gegen 42 Proc. reiner Eisensteinsorten mit 35 Proc. kalkigen und 23 Proc. kieseligen, und sucht dabei einen Durchschnitts-Eisengehalt der Beschickung von 35 — 37 Proc. zu erreichen*). Als Zuschlag bedient man sich 5 Proc. alter Zerrennschlacken (von früher hier betriebenen Zerrennfeuern herrührend) und 1 Proc. Frischschlacken. Der Be-

*) Herr Roth analysirte eine solche Beschickung und fand dieselbe zusammengesetzt aus:

Eisenoxyd	21,06
Eisenoxyd-Oxydul ($\underline{\ddot{F}e}\ \dot{F}e$)	10,05
Kieselsaures Eisenoxyd ($\dot{F}e_6\ \ddot{S}i$)	9,02
Kohlensaures Eisenoxydul	1,30
Schwefeleisen ($\acute{F}e$)	0,88
Kupferoxyd	0,29
Manganoxyd-Oxydul ($\underline{\ddot{M}n}\ \dot{M}n$)	0,74
Schwefelzink ($\acute{Z}n$)	0,04
Phosphorsäure	0,53
Kieselerde	25,39
Kohlensaure Talkerde	0,96
Talkerde	0,49
Kohlensaure Kalkerde	20,72
Kalkerde	2,71
Thonerde	3,94
Wasser	2,10
	100,22

Die von einer derartigen Beschickung fallenden Schlacken zeigten bei zwei Analysen folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	57,16	57,6
Kalkerde	28,38	2,95
Eisenoxydul	1,99	1,4
Manganoxydul	2,77	1,6
Kupferoxyd	0,40	0,4
Talkerde	2,82	2,5
Thonerde	5,48	7,2
Kali, Phosphorsäure und Verlust	1,00	0,0
	100,00	100,2

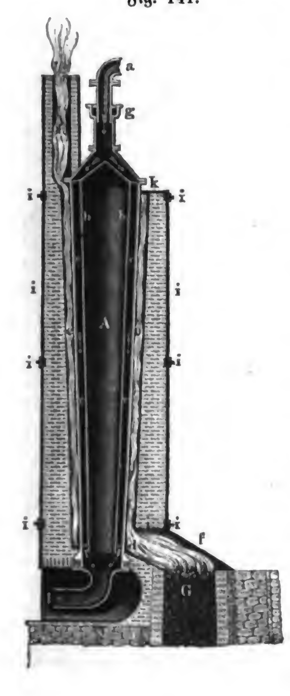
Hiernach sind dieselben ein Gemenge aus Bi- und Trisilicat von $\dot{R}$ mit Singulosilicat von Thonerde. Rechnet man letztere zu den elektro-negativen Bestandtheilen, so ergiebt sich sehr nahe die Formel eines Trisilicates = $\dot{R}\ (\ddot{S}i)$. Bei sehr gaarem Gange des Ofens bildet sich nicht selten eine in hexagonalen Säulen krystallisirte Schlacke, welche eine ähnliche Zusammensetzung wie die gleichkrystallisirte Schlacke von Saynerhütte, nach Schnabel, zu haben scheint. Letztere führt, wenn man die Thonerde als elektronegativen Bestandtheil betrachtet, zu der Formel $3\ \dot{R}\ (\ddot{S}i) + \dot{R}^3\ (\ddot{S}i)^2$. —

trieb ist vorzugsweise auf Gußwaaren gerichtet und man arbeitet daher auf die Gewinnung eines grauen, weichen, dabei aber hinreichend festen und dichten Roheisens hin, welches von einer leichtflüssigen, glasigen Schlacke begleitet wird. — Die Verschmelzung der bezeichneten Beschickung geschieht in Hohöfen von folgenden Dimensionen:

Höhe des ganzen Ofenschachtes	29 F.	6 Z.
» der Rast	4 »	— »
» des Gestells	4 »	6 »
Weite der Gicht	4 »	6 »
» des Kohlensacks	7 »	6 »
Cubischer Inhalt des Ofenschachtes (excl. Gestellraum)	677 Cub.-F.	

Eine Gicht (ein Aufgeben) besteht aus 27 Cub.-F. Holzkohlen und 7—8 Cub.-F. Möller (Beschickung). In 24 Stunden werden 30—32 solcher Gichten durchgesetzt; so daß also die Erze 16—17 Stunden im Ofenschachte weilen. Bei raschem Gichtenwechsel, der durch Anwendung eines größeren Windquantums leicht herbeigeführt werden kann, wird bei demselben Verhältnisse zwischen Kohlen und Beschickung und bei derselben Temperatur des Windes das erblasene Roheisen weniger grau und weich, sondern geht — bei regelmäßigem Gange und grauweißer Schlacke — in ein mehr oder weniger weißes und hartes Roheisen über, welches zu Gußwaaren ganz untauglich werden kann, für den Frischproceß aber sehr gut geeignet ist. — Die zu einer Gicht erforderlichen Kohlen bestehen in 21,6 Cub.-F. fichtenen und in 5,4 Cub.-F. eichenen oder buchenen. Der Cub.-F. der ersteren wiegt im Durchschnitt 8 Pfd. und der von diesen 13 Pfd. Preuß. — Die Erwärmung des Windes geschieht in einem ringförmigen, 18 F. hohen, über der Gicht angebrachten Apparate, dessen Einrichtung man aus nebenstehender Figur ersieht.

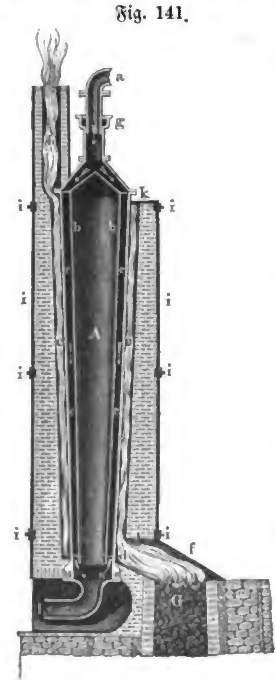
Fig. 141.



G, die Gicht, von welcher die Gichtflamme, durch die eiserne Thür *f* am

Entweichen verhindert, bei *d* in den mantelförmigen Raum *e e* tritt, und von hier in die Esse *h* gelangt. In jenem Raume *e e* umspielt die Flamme den Apparat *A*, in welchem der Wind erwärmt wird. Letzterer nimmt von *a* seinen Weg, wie es die Pfeile andeuten, und wird in einem gewöhnlich auf 225° — 240° C. erhitzten Zustande von *l* aus durch einen Röhrenstrang zu den Düsen geführt. Der Apparat *A* besteht aus zwei konischen Gefäßen von Eisen, welche den mantelförmigen Raum *c c* zwischen sich lassen. Der lichte Durchmesser des äußeren Gefäßes ist oben 3 F. und unten 2 F., der des inneren oben 2 F. 9 Z. und unten 1 F. 9 Z. Die Breite des mantelförmigen Raumes *c c* also 3 Z. Die Erhitzung läßt sich durch einen solchen Apparat, wenn durch Schließen der Gichtklappe *f* die ganze Gichtflamme benutzt wird, bis weit über 300° C. treiben. *g* Stopfbüchse; *i*, *i* eiserne Anker. Die Pressung des erhitzten Windes beträgt $1^1/_2$ Z. Quecksilber; Düsendurchmesser = $1^1/_2$ Z. Durch zwei Düsen gelangen demnach in der Minute etwa 500 Cub.-F. Wind (von atmosphärischer Dichtigkeit und 0° Temperatur) in den Ofen. — Die Campagnen dauern gewöhnlich drei Jahre. Relativer Kohlenverbrauch = 1,0. Tägliche Produktion 68 — 72 Ctr.

Fig. 141.



Rel. Kohlenvrb. = 1,06. Windpressung = 2". Windtemperat = 190°.

Die Holzkohlen-Hohöfen von Rothehütte (am Harz) verschmelzen ganz ähnliche Eisensteine wie die Ilsenburger Hütte. Die Röstung der (reinen) kieseligen und kalkigen Rotheisensteine und der (wenigen) Magneteisensteine geschieht in freien Haufen mit fichtenen Quandelkohlen und Fichtenzapfen. Die Brauneisensteine, welche ungefähr 50 Proc. der Beschickung ausmachen, gelangen ungeröstet zur Verschmelzung. Die Zerkleinerung der größeren Erzstücke — etwa bis zur Taubenei-Größe — wird durch ein Pochwerk bewirkt, wobei jedoch die Bildung einer nicht unbeträchtlichen Menge Staubes unvermeidlich ist. Der durchschnittliche Eisengehalt der Erzgattirung, welche aus 60 — 70 Proc. reinen und 30 — 40 Proc. kalkigen und kieseligen Eisensteinen besteht, beträgt 36 — 38 Proc. Der Betrieb ist, ab-

weichend von Ilsenburg, nicht vorzugsweise auf Gußeisen gerichtet, sondern etwa die Hälfte des erblasenen Eisens wird zur Stabeisen-Fabrikation verwendet. Die Hohofen-Dimensionen sind folgende:

Höhe des ganzen Ofenschachtes	32,57	Fuß.
» » Gestells	4,65	»
Rastwinkel	45°	
Weite des Kohlensacks . . .	8,38	»
» der Gicht	5,58	»
Cubischer Inhalt des Ofenschachtes (excl. Gestellraum) =	1025	Cub.-F.

Eine Gicht besteht aus 24,2 Cub.-F. Kohlen und 7,7 Cub.-F. Beschickung. Der Cub.-F. dieser Holzkohlen ($^2/_3$ fichtene und $^1/_3$ buchene) wiegt 10 — $10^1/_3$ Pfd. In 24 Stunden werden 42 bis 45 Gichten durchgesetzt, so daß also die Erze etwa 19 Stunden im Ofenschachte verweilen. Der bis auf ungefähr 190° C. erwärmte Wind streicht mit 2 Z. Quecksilber-Pressung durch zwei Düsen von $2^1/_4$ Z. Durchmesser in den Ofen, welcher hiernach in der Minute 800 Cub.-F. Wind von 0° Temperatur und atmosphärischer Spannung erhält. — Man hat auf Rothehütte Campagnen von 8 — 9 Jahren gehabt. — Relativer Kohlenverbrauch bei Anwendung gemengter Kohlen ($^2/_3$ fichtene und $^1/_3$ buchene) = 1,0, bei Anwendung von bloß Fichtenkohlen = 1,13. Tägliche Produktion 100 — 103 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,18 (Weiß. R.). Windpressung = $2^1/_8$" Windtemperat. = 225°.

Der Holzkohlen-Hohofen zu Mägdesprung im Harz verschmelzt eine größtentheils aus Spatheisenstein bestehende Gattirung, welche außerdem noch mehr oder weniger Sphärosiderit, Brauneisenstein, Rotheisenstein und Thoneisenstein enthält und mit gerösteter Frischschlacke und Kalkzuschlag beschickt wird. Die meisten dieser Erze werden zuvor in einem Schachtofen mit Holzkohle geröstet. Die Größe des Kornes, in welcher dieselben zur Verschmelzung gelangen, wechselt bei den verschiedenen Sorten von der einer Wallnuß und darüber bis zur völligen Pulverförmigkeit. Der Betrieb ist gewöhnlich auf graues Roheisen gerichtet, doch wird auch während kürzerer Perioden Weißeisen für die Frischfeuer gewonnen.

In einer solchen, 39 Wochen langen Periode im Jahre 1851 wurden zu Weißeisen verschmolzen:

16444	Karren	Spatheisenstein	geröstet
$1436^1/_2$	»	Sphärosiderit	geröstet
$3913^1/_2$	»	Brauneisenstein	nicht geröstet
2194	»	Rotheisenstein	nicht geröstet
2719	»	Frischschlacke, geröstet	
$1675^1/_2$	»	Kalkstein	
$28382^1/_2$	Karren	Beschickung.	

Die Erz-Gattirung wurde zu ungefähr 38 Proc. ausgebracht. Bei dem Betriebe auf Gußroheisen beschickt man zu einem beträchtlich geringeren Procentgehalt, gewöhnlich nur zu 27 — 30 Proc., mitunter noch geringer. Die zur Verschmelzung dienenden Holzkohlen sind alle aus harten Hölzern erzeugt, namentlich aus Buchen, Eichen und Birken. 1 Cub.-F. solcher Gemengkohle wiegt durchschnittlich 14,5 — 15,0 Pfd. Der Hohofen hat folgende Dimensionen: Ganze Schachthöhe = $30^1/_3$ F., Durchmesser der Gicht = $3^1/_2$ F., des Kohlensacks = 8 F., des Gestells oben = $2^1/_6$ F., unten $1^1/_3$ F.; Höhe des Gestells = $4^7/_{12}$ F.; der Formen über der Heerdsohle = $1^1/_6$ F., der Rast = $^{10}/_{12}$ F., Rastwinkel = 20°. Dieser außerordentlich kleine Rastwinkel bildet eine Eigenthümlichkeit des Mägdesprunger Ofens. Es ist jedoch nicht möglich, daß eine so flache Rast während längerer Zeit einen Einfluß auf den Schmelzproceß ausübe (S. 83); sondern es ist sicher, daß dieselbe allmälig die Bildung einer natürlichen Rast (von vielleicht mehr als 45° Steilheit) veranlaßt, welche sich von zusammengesinterter Beschickung und Kohle aufbaut. Untersuchungen nach dem Ausblasen des Ofens haben dies außer Zweifel gesetzt. Man bedient sich zweier (Wasser-) Formen mit Düsen von $1^5/_8$ Z. Durchmesser; und zwar sind die Formen — was in Bezug auf die wirklich in den Ofen gelangende Windmenge von Wichtigkeit ist — völlig geschlossen (S. 38), so daß die Düsen scharf darin passen. Letztere liegen nicht völlig horizontal, sondern mit ihren Achsen 4 — 5° dem Heerde zugeneigt. Pressung des Windes = $1^3/_4$ — $2^1/_2$ Z. Quecksilber; Temperatur desselben = 200 — 250° C. Die Windmenge (auf mittleren Barometerstand und 10° C. Temperatur reducirt), welche der Ofen pr. Minute erhält, beläuft sich auf etwa 600 Cub.-F. Dies ergiebt sich durch Berechnung aus dem Gange des Gebläses und bei Abzug von 12 Proc. Windverlust. Der cubische Inhalt des Ofenschachtes, ohne Gestellraum, beträgt ungefähr 800 Cub.-F. Relativer Kohlenverbrauch bei der Erzeugung von Weißeisen = 1,18; bei der Erzeugung von grauem Roheisen bis zu etwa 1,56 steigend. Tägliche Produktion = 62 Ctr. Weißeisen. Von grauem Roheisen wird eine geringere Menge gewonnen; beim Verschmelzen einer 25 Proc. haltenden Gattirung nur etwa 45 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,5 (Grau. R.) = 1,0 (Weiß. R.). Windpressung = 2" — $2^1/_3$" — $2^2/_3$". Windtemperat. = 160° — 200°.

Der Holzkohlen-Hohofen zu Katzhütte im Thüringerwalde producirt theils graues, theils weißes Roheisen. Seine Haupt-Dimensionen sind folgende: Ganze Schachthöhe = 31 F.*); Gestellhöhe = $4^1/_2$ F.; Rasthöhe = $2^1/_2$ F.; Kohlensackhöhe = 1 F.; Höhe des oberen Schachtes (oberhalb des Kohlensacks) = 23 F. Durchmesser der Gicht = 3 F., des Kohlensacks = 7 F. Rastwinkel 43°. Das Gestell hat in sei-

*) Alle sich auf diesen Hohofen beziehenden Maße sind Leipziger Maß: 1 F. Leipz. = 0,902 F. Rheinl.

nem horizontalen Durchschnitt die Gestalt eines Rechtecks, welches an der Rast 25 Z. lang und — von Form- zu Formseite — 19 Z. breit ist, am Boden dagegen 19 Z. Länge und 16 Z. Breite besitzt. Als Brennmaterial wendet man ein Gemenge von $^3/_4$ Fichten- und Tannenkohlen und $^1/_4$ Buchenkohlen an. 1 Cub.-F. Rheinl. solcher Gemengkohle wiegt durchschnittlich 11,3 Pfd. Bei der Produktion von **grauem** Roheisen finden folgende Verhältnisse statt. Die Beschickung besteht aus 32 Proc. Rotheisenstein, 34 Proc. kalkschüssigem Brauneisenstein, 20 Proc. rothem und braunem Thoneisenstein und 14 Proc. Kalk. Die Erze kommen theils in Stücken von 1 — $1^1/_2$ Cub.-Z., theils in Pulverform zur Verschmelzung. Nur ein Theil (etwa 28 Proc.) derselben wird — theils seines Schwefelgehaltes, theils der besseren Zerkleinerung wegen — zuvor geröstet. Nach der Probe im Kleinen enthält die Erzgattirung 36 Proc. Eisen; im Großen werden ungefähr 30 Proc. ausgebracht. Man bläst mit 2 Formen, jede zu $1^3/_4$ Q.-Z. Querschnitt, und mit einer Pressung von 2 Z. Quecksilber. Windtemperatur = 150° — 170° C. Relativer Kohlenverbrauch = 1,5. Tägliche Produktion = 36 Ctr., mitunter bis zu 46 Ctr. gesteigert. — Bei der Erzeugung von einem dem Spiegeleisen nahe stehenden **weißen** Roheisen ist die Beschickung zusammengesetzt aus: 35 Proc. kalkschüssigem Brauneisenstein, 35 Proc. mergelthonigem Brauneisenstein, 20 Proc. Spatheisenstein und 10 Proc. braunem Thoneisenstein. Gegen 30 Proc. dieser Erze, darunter der Spatheisenstein, werden geröstet. Der Eisengehalt der Erzgattirung nach der Probe im Kleinen beträgt 45 Proc., das Ausbringen im Großen ist 40 Proc. Als Zuschlag wird bisweilen $^1/_2$ Proc. Flußspath angewendet. Man bedient sich zur Weißeisen-Erzeugung stets eines schon länger im Betriebe gestandenen und dadurch im Gestell ausgeweiteten Hohofens, der überdies noch mit geschlossener Brust vorgerichtet wird. Die beiden Düsen haben jede $2^1/_4$ Q.-Z. im Querschnitt. Windpressung = $2^1/_3$ — $2^2/_3$ Z. Quecksilber. Windtemperatur = 210° — 250° C. Relativer Kohlenverbrauch = 1,0. Tägliche Produktion = 72 — 92 Ctr.

Ein **Holzkohlen-Hohofen bei Wiesbaden** im Nassauischen hat 26 F. Höhe, 8 F. Kohlensack-Durchmesser, $3^1/_2$ F. Gichtweite und $2^1/_2$ — $2^3/_4$ F. obere Gestellweite. Gestellhöhe 4 F., Rasthöhe = $4^1/_2$ F., Kohlensackhöhe = $^1/_2$ F. Rastwinkel = 61°. Er wird mit einer Düse von 1,7 — 2 Z. Durchmesser betrieben, je nach dem Schmelzgange und der beabsichtigten Produktion. Die Pressung des erhitzten Windes beträgt 1,8 — 1,9 Z. Quecksilber. Die Erze, größtentheils kalkreiche Rotheisensteine, werden ungeröstet verschmolzen. Man pocht dieselben etwa bis zu Wallnußgröße, und gattirt dieses gröbere Erz mit ungefähr gleich viel Grubenklein von kaum Erbsengröße. Eine solche Gattirung, welche keines Kalkzuschlages bedarf (zuweilen aber mit 6 — 8 Proc. Thonschiefer beschickt wird), bringt man zu

Rel. Kohlenvrb. = 1,05 (Grod. H.). Windpressung = 1,85''.

38 — 40 Proc. aus. Die angewendeten Holzkohlen sind buchene, von denen 1 Cub.-F. 14 — 15 Pfd. wiegt. Relativer Kohlenverbrauch = 1,05. Tägliche Produktion = 57 Ctr. graues Gußroheisen.

Rel. Kohlenvrb. = 1,28 — 1,53 — 1,88 (Grau. R.). Windpressung = 1,9''. Windtemperat. = 238°.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Ludwigshütte im Großherzogthum Hessen haben folgende Dimensionen. Höhe des ganzen Ofenschachtes = 31,5 F., des Gestells = 3,7 F. Weite der Gicht = 2,6 F., des Kohlensackes = 7,6 F. und des Gestells oben = 2,4 F. Rastwinkel = 55°. Die Erze bestehen in kieseligem und thonigem Rotheisenstein aus dem Uebergangsgebirge. Beide Arten werden mit einander gattirt und mit ungefähr $8^1/_2$ Proc. Kalkzuschlag verschmolzen. Aus einer solchen Beschickung gewinnt man 35 — 36 Proc. graues, graphitreiches Roheisen.

Die angewendeten Kohlen sind Buchenkohlen, von denen 1 Cub.-F. ein Gewicht von 15,4 Pfd. besitzt. Die zu 225° — 250° C. erhitzte Gebläseluft wird unter einem Drucke von 1,92 Z. Quecksilber ausgeblasen. Jeder der beiden Oefen ist mit zwei Düsen versehen, deren Durchmesser 1,44 Z. beträgt, und erhält 600 — 700 Cub.-F. Luft in der Minute. Der relative Kohlenverbrauch stellte sich folgendermaßen heraus. Während einer einzelnen Betriebswoche (vom 31. Januar bis zum 5. Februar 1842) belief sich derselbe beim Ofen Nro. 1 auf 1,28; während eines ganzen Betriebsjahres (1843) betrug er aber bei demselben Ofen 1,53; und während einer Betriebswoche (12. — 18. Februar 1843) erreichte er bei dem — in der Produktion schwächeren — Ofen Nro. 2 die Höhe von 1,88. Dieser, in Betracht der angeführten günstigen Umstände, sehr beträchtliche Kohlenaufwand wurde dadurch verursacht, daß man aus beiden dieser Oefen — $12^1/_2$ F. unterhalb der Gicht, durch je 7 rings um den Schacht angebrachte Oeffnungen — die Gichtgase ableitete, um damit drei Gasflammenöfen (1 Puddel-, 1 Weiß- und 1 Glühofen) zu betreiben. Im Jahre 1843 war die tägliche Produktion des Ofens Nro. 1 = 87 Ctr.; in der angeführten Betriebswoche die des Ofens Nro. 2 = 61 Ctr. *).

Rel. Kohlenvrb. = 4,5 (Grau. R.).

Der Holzkohlen-Hohofen zu Eiserfey in der Eifel ist wegen seiner Kleinheit merkwürdig. Er hat nur $19^1/_4$ F. Höhe. Sein Gestell ist $2^3/_4$ F. und seine Rast 2 F. hoch. Untere Gestellweite = 1 F., obere Gestellweite = $1^2/_3$ F., Kohlensackweite = 4 F. 7 Z. Er wird mit kaltem Winde und einer Form betrieben, welcher man zu gewissen Perioden des Processes eine starke Neigung in den Heerd giebt, um das Eisen weiß zu machen. Der relative Kohlenverbrauch ist = 4,5. Tägliche Produktion = 19 Ctr.

---

*) Bayle, über den Hohofen- und Gashüttenbetrieb zu Ludwigshütte in Hessen im Jahre 1843. Brgksfrnd. Bd. 9, S. 198. Aus Ann. des mines, 4. sér. T. V., p. 457.

Die Schwedischen Holzkohlen-Hohöfen haben gewöhnlich eine Höhe zwischen 28 und 32 F.; selten erreichen sie 34 F. Mehr als ihre Höhe variirt ihr cubischer Inhalt, welcher zwischen 600 und 1500 Cub.-F. liegt. Dies rührt von sehr verschiedenen Weiten-Dimensionen her, indem die Gichtöffnung von 3 bis zu 7 F. Durchmesser und der Kohlensack von verhältnißmäßiger Größe angetroffen wird. Die Eigenthümlichkeiten der Schacht-Construktion dieser Oefen (s. Fig. 139 a, b) bestehen, außer in der weiten Gichtöffnung, in einem niedrigen und weiten Gestell, einer sich krummlinig in den Schacht verlaufenden Rast und einer unterhalb des Kohlensackes mehr oder weniger unsymmetrischen Gestalt der Ofenwände. Die Windmenge, welche ein Schwedischer Hohofen erhält, beläuft sich in der Regel nur auf 300—600 Cub.-F. in der Minute bei einer Pressung von 1—1$^1/_2$ Z. Quecksilber, zuweilen sogar noch unter 1 Z. Die verschmolzenen Erze bestehen, nach der Schwedischen Eintheilung, theils in Bergerzen, theils in Morasterzen. Unter ersteren versteht man alle im älteren (Ur- und Uebergangs-) Gebirge vorkommenden Eisenerze, welche von Quarz und Glimmer, oder von Hornblende, Kalkspath, Pistazit, Granat, Flußspath u. s. w. begleitet zu seyn pflegen; unter letzteren diejenigen, welche man in Deutschland Sumpf- und Rasenerze nennt. Eine dritte Erzsorte, welche man in Schweden unterscheidet, die Seeerze, sind wohl nichts Anderes als Morasterze, welche durch die fließenden Gewässer in die Landseen gespült und hier abgesetzt wurden. Als Brennmaterial dienen vorzugsweise Fichtenkohlen. — Im Hohofen zu Brefven werden Bergerze von 44—45 Proc. Eisengehalt verschmolzen. Vor dem Jahre 1833, als man sich noch des kalten Windes bediente, erhielt dieser Ofen in der Minute 275 Cub.-F. Luft (zu 16° C. Temperatur angenommen) bei nur $^7/_{12}$—$^{10}/_{12}$ Z. Quecksilber-Pressung; später, nach Einführung der erhitzten Gebläseluft, wendete man 1$^1/_6$—1$^1/_4$ Z. Quecksilber-Druck an. Bei kaltem Winde erhielt die Erzgattirung 10$^1/_2$ Proc. Kalkzuschlag; bei 140° — 150° C. heißer Luft erniedrigte man denselben auf 7$^1/_2$ Proc. Der relative Kohlenverbrauch betrug im ersten Falle 1,7 und im zweiten Falle 1,4. Die entsprechenden täglichen Produktionen an lichtgrauem Roheisen beliefen sich auf 51$^1/_2$ Ctr. und 58$^3/_4$ Ctr. — Der Hohofen von Ankarsrum verschmelzt Bergerze von 37 Proc. Eisengehalt, welche bei kaltem Winde mit 9$^1/_2$ Proc. Kalk, bei heißem nur mit 5 Proc. beschickt wurden. Die Menge des kalten Windes betrug pr. Minute 480 Cub.-F., die des 210° C. heißen dagegen (auf mittlere Temperatur reducirt) 500 Cub.-F. bei respective 1$^1/_{12}$ und 1$^1/_2$ Z. Quecksilber-Pressung. Im einen Falle war der relative Kohlenverbrauch 2,0 und im anderen 1,2, während sich die tägliche Produktion an grauem Roheisen auf 56 Ctr. und 70 Ctr. belief *).

Rel. Kohlenverb. = 1,7. (Grau. R.) Windpressung = 1,2''. Windtemperat. = 145°.

Rel. Kohlenverb. = 1,2. (Grau. R.) Windpressung = 15''. Windtemperat. = 210°.

*) 1 Schiffpfd. Schwedisches Victual-Gewicht = 363,68 Pfd. Preuß. —

Rel. Kohlenvrb. = 2,2 — 1,3. Windpressung = 0,6 — 1,5. Windtemperat. = 0°—250°.

Da die eben angegebenen Betriebs-Verhältnisse zweier Schwedischen Hohöfen sich auf eine ältere, schon seit zwei Decennien verflossene Zeit beziehen, so dürfte es von Interesse sein, denselben einige neuere Daten über Schwedische Hohöfen an die Seite zu stellen, wie diese alljährlich in den bekannten Annalen des Schwedischen Eisen-Comptoirs (Jern-Kontorets Annaler) zur Veröffentlichung gelangen. Die folgenden, tabellarisch zusammengestellten Angaben sind aus dem Jahrgange 1849 dieser interessanten Zeitschrift entnommen *).

---

1 Schiffpfd. Schwedisches Roheisen-Gewicht, Tackjärns-Wigt (= 20 Lispfd. à 20 Marker) = 1,1492 Schiffpfd. Schwed. Vict.-Gew. = 417,94 Pfd. Preuß. = 390,95 Zoll-Pfd. = 195,475 Kilogr. 1 Stig (Last) Kohlen = 12 Tonnen à 6,3 Cub.-F. Schwed. (5¼ Cub.-F. Preuß.) = 63 Cub.-F. Preuß.

*) Utdrag af de Berättelser, som Herrar Tjenstemän å Jernkontorets Stat afgifvit för år 1848. — Berättelse af tjenstförrättande Öfvermasmästaren i Vestra Distriktet Hr. Notarius V. Eggertz. S. 25.

Name des Hüttenwerkes.	Ofen-Dimensionen. Höhen.			Ofen-Dimensionen. Weiten.			Gebläseluft.					Beschickung, Kohlenvbr. und Produktion.			
	Gestell-H.	Kohlensack-H.	Ganze H.	Obere Gestell-W.	Kohlensack-W.	Gicht-W.	Anzahl der Formen.	Flächeninhalt der Düsenöffnung.	Flächeninhalt der Form.	Wind-Pressung.	Wind-Temperatur.	Procent-Gehalt der Beschickung.	Kohlenvbr. für 1 Schiffpfd. Roheisen.	Relativer Kohlenverbrauch.	Tägliche Produktion.
	Fuß.	Fuß.	Fuß.	Fuß.	Fuß.	Fuß.	.	□ Z.	□ Z.	Z.Q.	°C.	.	Tonn.	.	Zollct.
1) Nisshytta	6,2	10,8	33,5	6,5	8,5	5,0	1	4,91	5,46	0,6	0	50,3	13,24	2,21	62
2) Engelsberg	6,0	11,8	32,5	6,3	7,8	4,7	1	3,41	7,06	1,0	0	37,7	10,45	1,74	63
3) Billsjö	7,0	13,2	29,8	6,8	7,5	4,9	1	2,18	5,55	1,3	0	34,7	11,12	1,85	58
4) Åg	9,0	14,0	36,0	6,0	8,0	5,3	1	3,41	4,12	1,5	0	42,4	10,86	1,81	71
5) Hede	5,0	10,0	32,0	6,0	8,3	4,0	1	4,12	4,91	1,2	100	40,0	10,69	1,78	62
6) Dalfors	5,6	14,0	31,6	5,0	6,8	4,5	1	4,91	3,33	1,3	100	39,8	12,16	2,03	53
7) Riddarhyttan	5,5	14,3	36,0	4,0	8,0	4,5	2	2,46	6,82	0,8	150	35,2	11,80	1,97	60
8) Jckhelmen	6,0	12,0	29,2	5,0	7,5	4,7	2	4,36	9,82	1,0	150	36,7	11,65	1,94	62
9) Flatenberg	6,0	11,0	29,5	5,0	7,5	4,8	1	3,41	4,91	1,0	200	39,3	9,52	1,59	67
10) Sunnansjö	9,5	12,0	31,0	5,8	8,0	5,0	1	5,32	6,04	1,0	200	41,8	8,32	1,39	81
11) Strömsdal	6,8	12,1	30,3	7,9	8,6	4,9	1	4,51	4,91	1,0	200	46,2	8,09	1,35	91
12) Björsjö	5,0	10,0	30,8	6,7	8,5	4,5	1	4,12	5,76	0,9	250	49,4	7,71	1,29	90

Zur richtigen Auffassung umstehender Tabelle ist Folgendes zu bemerken. 1) Die Ofen-Dimensionen, die Flächeninhalte der Düsen- und Formöffnungen und die Windpressung sind in Schwedischem Maß*) angegeben. 2) Die Angaben über den Kohlenverbrauch für 1 Schwedisches Schiffpfd. Berggewicht (= 3 Zollcentner) sind in Schwedischen Tonnen gemacht. 3) Der relative Kohlenverbrauch wurde unter der Annahme berechnet, daß 1 Schwedische Tonne Kohlen durchschnittlich ungefähr 1/2 Zollcentner wiegt. 4) Die tägliche Produktion, welche in dem Schwedischen Originale in Schiffpfunden Berg-Gewicht angegeben ist, wurde zu Zollcentnern berechnet. 5) Bei den mit 2 Formen betriebenen Hohöfen (Riddarhyttan und Ickholmen) bezieht sich der Flächeninhalt der Düsenöffnung auf beide Düsen zusammen. Wenn die Angabe, daß die Summe der Düsenöffnungen bei dem Hohofen von Riddarhyttan nur 2,46 Quadr.-Zoll beträgt, von keinem Irrthum herrührt, so würde dieser Ofen mit einer verhältnißmäßig sehr kleinen Windmenge betrieben. 6) Beim Hohofen von Dalsfors scheint die Angabe des Flächeninhaltes der Formöffnung = 3,83 Quadr.-Z., bei einem Flächeninhalte der Düsenöffnung = 4,91, wohl auf einem Druckfehler zu beruhen. 7) In Betreff des Kohlenverbrauchs für 1 Schwedisches Schiffpfd. Roheisen ist ferner zu bemerken, daß sich derselbe bei keinem der angeführten Hüttenwerke ausschließlich bloß auf diejenige Zeit der Ofencampagne bezieht, während welcher der Ofen im vollen Gange war (ein voller Satz geführt wurde), sondern daß hierbei stets auch jener größere Kohlenverbrauch mit eingerechnet ist, wie er während der ersten Wochen des Anlassens (S. 149) stattfindet. Da hierdurch diejenigen Oefen, welche am weitesten in ihrer Campagne fortgeschritten sind, im Vergleich zu den anderen hinsichtlich des Kohlenverbrauchs etwas begünstigt werden, so sind hierbei noch folgende Angaben zu berücksichtigen. Der Ofen (3) stand in Betrieb 80 Tage. Die Oefen (1), (5), (7), (8), (11) und (12) standen in Betrieb 100—150 Tage; die Oefen (2), (4) (6) und (9) 150—200 Tage und der Ofen (10) 236 Tage. — Wenn uns auch zur genauen Würdigung der Betriebs-Verhältnisse aller dieser Oefen nähere Angaben über die Qualität der verschmolzenen Erze (größtentheils wohl Magneteisensteine) fehlen, so ist die umstehende Tabelle doch ausreichend, um die Verminderung des relativen Kohlenverbrauchs und die Vermehrung der absoluten Produktion durch Anwendung erhitzer Gebläseluft auf sehr evidente Art herauszustellen. Daß man sich in Schweden dieses Mittels nicht in der Ausdehnung und dem Grade bedient, wie in vielen anderen Ländern, hat wohl großentheils darin seinen Grund, daß man den alten guten Ruf des Schwedischen Eisens nicht einem ökonomischen Vortheile zum Opfer bringen will, welcher unter gewissen Umständen nur ein scheinbarer ist, ja selbst zum Nachtheile werden kann.

*) 1 F. Schwedisch = 0,9458 F. Preußisch.

Wenigstens mag dies von denjenigen Hohöfen gelten, deren Roheisen-Produktion größtentheils für den Frischproceß bestimmt ist *).

Die Norwegischen Holzkohlen-Hohöfen nähern sich in ihrer Construktion theils den Schwedischen, theils den Deutschen Hohöfen. Ein Beispiel von der inneren Gestalt eines solchen Ofens ist in Fig. 140, a, b gegeben worden. Erze und Brennmaterial sind in Norwegen von ganz ähnlicher Beschaffenheit wie in Schweden. — Der Hohofen zu Bärum hatte zu Anfang seiner zweijährigen Schmelzcampagne 1838—1840 eine Schachtform, wie die eben citirte Figur darstellt. Seine Haupt-Dimensionen waren damals folgende. Höhe vom Bodenstein bis zur Gicht = $30^1/_2$ F.; Höhe des Kohlensacks über dem Bodenstein 12 F. Die Gestellhöhe läßt sich nicht genau angeben, da sich das Gestell nahe oberhalb der Form zu erweitern anfängt, und sich auf der Form- und Windseite allmälig in die Rast verläuft. Aus demselben Grunde läßt sich auch der beträchtliche Rastwinkel nicht näher bestimmen. Durchmesser der Gicht = $4^1/_2$ F., des Kohlensacks = 8 F. und des Gestelles unmittelbar über der Form = 1 F. 10 Z. Im Jahre 1844, dem letzten einer anderen zweijährigen Schmelzcampagne, auf welche sich die folgenden Angaben beziehen, hatte der Ofen eine etwas andere, jedoch nicht wesentlich von der beschriebenen abweichende Construktion. Die bis auf etwa 200° C. erhitzte Gebläseluft wurde durch eine $2^1/_2$ Z. im Durchmesser haltende Düse mit $^3/_4$ Z. Quecksilber-Pressung eingeblasen. Die verwendeten Erze bestanden aus kalkigem und kieseligem Magneteisenstein, welche, gattirt und ohne Zuschlag verschmolzen, zu 40 bis 42 Proc. eines großentheils zu Gußwaaren, theils aber auch zur Stabeisenfabrikation verwendeten grauen Roheisens ausgebracht wurden. Relativer Kohlenverbrauch = 1,36. Tägliche Produktion = 64 Ctr. **). — Der Hohofen zu Fossum war im Jahre 1842 von einer Schachtconstruktion, welche sich der vorgedachten näherte. Schachthöhe = 30 F. Größte Schachtweite = 7 F. 8 Z. Düsendurchmesser = $2^1/_4$ Z. Windpressung = $^5/_6$ — 1 Z. Quecksilber. Windtemperatur = 300° C. Die mit Kalkzuschlägen beschickten Erze wurden zu 35—38 Proc. ausgebracht und das dargestellte Roheisen theils zur Gießerei, theils zum Verfrischen verwendet. Relativer Kohlenverbrauch =

Rel. Kohlenverb. = 1,3. (Grau. R.) Windpressung = $^3/_4$". Windtemperat. = 200°.

Rel. Kohlenverb. = 1,35. (Grau. R.) Windpressung = 1". Windtemperat. = 300°.

---

*) Die Betriebs-Angaben in der genannten Schwedischen Zeitschrift erstrecken sich auf die Hohöfen von mehr als 150 Schwedischen Eisenhüttenwerken.

**) Bei diesen Angaben wurden folgende Daten zu Grunde gelegt. Die ganze Roheisen-Produktion des Jahres 1844 betrug 7212 Schiffpfd. 13 Liespfd. Norweg., wozu 5939 Last Norweg. Kohlen verbraucht wurden. — 1 Last trockene Kohlen (à 12 Tonnen zu $4^1/_2$ Cub.-F.) wog 1 Schiffpfd. 12 Liespfd. 3 Pfd. bis 1 Schiffpfd. 13 Liespfd. 1 Pfd., durchschnittlich also 1 Schiffpfd. 12 Liespfd. 10 Pfd. — 1 Schiffpfd. = 320 Pfd. = 3,2 Zollctr. —

Rel. Kohlenverb. = 2,08 (Grau. R.)

1,3—1,4. Tägliche Produktion = 70 — 74 Ctr. — Im Hohofen zu Hassel verschmelzt man Eisenglanz und Magneteisenstein, deren Gattirung zu 25—26 Proc. ausgebracht wird, wobei man sich nur eines sehr geringen Kalkzuschlages (von ungefähr 3 Proc.) bedient. Das Roheisen wird zu Gußwaaren und zur Darstellung von Stabeisen benutzt. In einer Betriebswoche des Jahres 1838 erzeugte man aus 280 Schiffpfd. 15 Liespfd. Erz eine Quantität von 71 Schiffpfd. $19^3/_4$ Liespfd. Roheisen, mit einem Aufgange von 150 Schiffpfd. $3^3/_4$ Liespfd. Kohlen. Dies entspricht einem relativen Kohlenverbrauch von 2,08, und einer täglichen Produktion von 33 Ctr. — Die beiden Hohöfen zu Näß bei Arendal haben ähnliche Dimensionen, wie der Hohofen zu Bärum. Man bläst mit einer Düse von $2^1/_2$ Z. Durchmesser, und mit einer Pressung von 1,15 Z. Quecksilber. Temperatur der Gebläseluft = 200° C. Es werden geröstete Arendaler Magneteisensteine größtentheils zu grauem Roheisen verschmolzen. Im Jahre 1848 waren die Betriebs-Verhältnisse folgende. Bei einem Ausbringen der Erze zu ungefähr 45 Proc. waren zu 1 Norweg. Schiffpfd. Roheisen 9 — 10 Tonnen (Nadelholz-) Kohlen erforderlich. Dies entspricht, unter Zugrundelegung der oben — beim Bärumer Hohofen — angeführten Gewichts-Verhältnisse, einem relativen Kohlenverbrauch von 1,30. Tägliche Produktion = 70 Ctr.

Rel. Kohlenverb. = 1,3 (Grau. R.) Windpressung = 1,15''. Windtemperat. = 200°.

Die Russischen Holzkohlen-Hohöfen*) sind meist von sehr großartigen Dimensionen, und haben, da sie größtentheils reiche Erze verschmelzen, eine so bedeutende tägliche Produktion, wie sie von keinen anderen Holzkohlen-Hohöfen des Continents übertroffen wird. Folgende Beispiele werden die Betriebs-Verhältnisse einiger dieser Oefen vor Augen legen. Auf dem Kaiserlichen Eisenhüttenwerke Goroblagodatsk sind 8 Hohöfen, welche Magneteisensteine vom Berge Blagodat und Brauneisensteine von verschiedenen Gruben verschmelzen. Die in neuerer Zeit hauptsächlich angewendeten Erze sind folgende. 1) Magneteisenstein, erste Sorte (Nro. 2 nach der Bezeichnung); besteht nach der Analyse aus: 86,30 Eisenoxydoxydul, 4,86 Titansäure, 1,44 Manganoxydoxydul, 1,05 Magnesia, 1,44 Kalkerde und 7,55 Kieselerde. 2) Magneteisenstein, zweite Sorte (Nro. 8); bestehend aus: 73,32 Eisenoxydoxydul, 4,26 Manganoxydoxydul, 1,10 Magnesia, 7,27 Kalkerde, 3,94 Thonerde, 8,46 Kieselerde. 3) Magneteisenstein, dritte Sorte (Nro. 9); bestehend aus: 87,54 Eisenoxydoxydul, 4,06 Titansäure, 0,93 Manganoxydoxydul, 0,86 Magnesia, 2,40 Kalkerde, 2,26 Thonerde und 4,54 Kieselerde.

Rel. Kohlenverb. = 1,15. Windpressung = $2^1/_2$''.

*) Die Dimensionen der Russischen Hohöfen sind in Englischem Maaß (welches in Rußland das gebräuchliche ist) angegeben. 1 Fuß Russ. (Engl.) = 0,971 F. Preuß. (Rheinl.). — Was die Gewichte betrifft, so ist 1 Pud = 40 Russische Pfd. à 0,40952 Kilogramm; also 1 Pud = 16,38 Kilogr. = 35 Preuß. Pfd. = 32,8 Zollpfd., folglich nahe = ⅓ Zollctr.

4) Brauneisenstein von der Grube Balakinsk: 52,60 Eisenoxyd, 2,73 Manganoxydoxydul, 0,63 Kalkerde, 2,87 Thonerde und 42,57 Kieselerde. 5) Brauneisenstein von der Grube Kedroska: 67,39 Eisenoxyd, 0,30 Mangnesia, 0,30 Kalkerde, 4,17 Thonerde und 27,82 Kieselerde. 6) Brauneisenstein von der Grube Lewinsk: 70,50 Eisenoxyd, 3,00 Thonerde und 27,20 Kieselerde. 7) Brauneisenstein von der Grube Nischneturinsk: 43,00 Eisenoxyd, 0,31 Magnesia, 0,46 Kalkerde, 7,48 Thonerde und 48,15 Kieselerde. Einige dieser Erze werden in Haufen, andere in Schachtöfen (die schwefelhaltigen mit Wasserdampf) geröstet. Ein Hohofen von Goroblagodatsk hat folgende Dimensionen. Ganze Höhe des Ofens = 49 F.; Gestellhöhe = 8 F.; vertikale Rasthöhe = 13 F.; Gichtdurchmesser = 7 F., Kohlensackdurchmesser = 14 F. Ein solcher Ofen wird mit 2 Formen betrieben, in welchen sich Düsen von 3—3,5 Z. Durchmesser befinden. Die Pressung des (kalten) Windes beträgt 2 — 3 Z. Quecksilber. Die als Brennmaterial dienenden Kohlen sind aus Kiefer-, Tannen- und Fichtenkohlen gemischt. Ein Korb solcher Kohlen, von 70 Cub.-F. Inhalt, wiegt durchschnittlich 20 Pud, 1 Cub.-F. Preuß. also etwa 11 Preuß. Pfd. Die Beschickung variirt nach den verschiedenen Arten des dargestellten Roheisens. Bei der Darstellung von Roheisen zur Stabeisenfabrikation besteht eine Gicht aus 5 — 6 Pud Magneteisenstein erster Sorte, 5 — 4 Pud desgleichen zweiter Sorte, 12 — 13 Pud desgleichen dritter Sorte, 2 — 1 Pud Brauneisenstein von Balakinsk und 2 — 4 Pud Kalkstein. Um Roheisen für den Guß der Munition und anderer Waaren zu erzeugen, setzt man eine Gicht zusammen aus: 6 — 8 Pud Magneteisenstein erster Sorte, 9—10 Pud desgl. dritter Sorte, 8—6 Pud Brauneisenstein von Balakinsk und 4 Pud Kalkstein. Zur Roheisen-Erzeugung für den Kanonenguß enthält eine Gicht: 12 Pud Magneteisenstein erster Sorte, 8 Pud Brauneisenstein von Balakinsk, 8 Pud desgl. von Nischneturinsk, 4 Pud desgl. von Lewinsk, 4 Pud desgl. von Kedroska und 4¼ Pud Kalkstein. Der Kohlensatz bei einer jeden dieser Gichten beträgt 20 Pud. Täglich gehen 50 — 60 Gichten durch, welche 900—1000 Pud Roheisen liefern. Relativer Kohlenverbrauch = 1,1 — 1,2. Tägliche Produktion = 300—330 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,37. (Grau. R.) Windpressung = 2½″.

Der Hohofen von Kamensk (Bergdistrikt Katharinenburg) verschmelzt sehr poröse Brauneisensteine und Eisenocker, mit einem durchschnittlichen Eisengehalte von 38 Proc. Beide werden nicht geröstet, sondern nur durch die Gichtflamme getrocknet. Als Brennmaterial wendet man ein Gemenge von ⅘ Kiefern- und ⅕ Birkenkohle an. Der Ofen ist 33 F. 10 Z. hoch, seine Gestellhöhe beträgt 7 F. und seine vertikale Rasthöhe 11 F. 8 Z. Gichtweite = 7 F., Kohlensackweite = 11 F. 8 Z., Gestellweite an der Rast = 3 F. 8 Z. und am Bodenstein = 2 F. 4 Z. Er ist mit 2 Düsen, jede von 2,6 Z. Durchmesser versehen. Windpressung = 2 — 3 Z. Queck-

silber. Eine Gicht besteht aus 20 Pud Kohle, 30 — 40 Pud Erz und 3 Pud Kalk (Kalksand). Täglich gehen 40 Gichten durch, welche 500 — 700 Pud außerordentlich dünnflüssiges Roheisen zum Kanonen- und Munitionsguß liefern. Relativer Kohlenverbrauch = 1,14 — 1,60. Tägliche Produktion = 165— 230 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,8. Windpressung = 2,5''.

Der Hohofen von Slatoust wird mit Brauneisensteinen von ungefähr 50 Proc. Eisengehalt betrieben. Die Erze werden geröstet und mit einem aus $^3/_4$ Birken- und $^1/_4$ Lerchenkohle gemengten Brennmaterial verschmolzen. Der Hohofen ist $46^3/_4$ F. hoch und hat 2 Düsen von 3,5 Durchmesser, welche einen Wind von 2,5 Z. Quecksilber-Pressung ausblasen. Jede Gicht besteht aus 24 Pud Kohlen, 41 Pud Erz und 5 Pud Sand (Quarzsand?). Täglich gehen 53 Gichten durch und erzeugen 650—750 Pud Roheisen, welches theils zum Guß, theils zur Stabeisenfabrikation verwendet wird. Relativer Kohlenverbrauch = 1,7—1,9. Tägliche Produktion = 215 — 250 Ctr. —

Rel. Kohlenvrb. = 1,48. Windpressung = 1,5''.

Der Hohofen zu Kasinsk (Bergdistrikt Slatoust) hat eine Höhe von nur 35 F. Es werden geröstete Brauneisensteine und Eisenocker in ihm verschmolzen. Als Brennmaterial dienen Birkenkohlen. Die Düse ist 3,5 Z. weit und liefert Wind von 1,5 Z. Quecksilber-Pressung. Jede Gicht besteht aus 24 Pud Kohle, 36—42 Pud geröstetem Erz und 12 bis 15 Pud Dolomit. Täglich werden 40 Gichten durchgesetzt, welche 650 Pud Roheisen für die Gießerei und Stabeisenfabrikation liefern. Relativer Kohlenverbrauch = 1,48. Tägliche Produktion = 215 Ctr. —

Rel. Kohlenvrb. = 1,15. (Weiß. R.) Windpressung = 3,5''.

Die Hohöfen zu Nischnetagilsk (dem Fürsten Demidoff gehörig), 4 an der Zahl, verschmelzen Magneteisensteine, welche theils in Haufen, theils in Schachtöfen geröstet werden. Das Brennmaterial besteht aus einem Gemenge von $^3/_4$ Fichten- und $^1/_4$ Kiefernkohle. Die Höhe eines Ofens beläuft sich auf $37^1/_2$ F. bei einer Gestellhöhe von 7 F. und einer vertikalen Rasthöhe von 7 F. 7 Z., Gichtweite = 7 F., Kohlensackweite = 11 F., obere Gestellweite = 3,5 F., untere Gestellweite = 2,33 F. Düsendurchmesser = 2,6 Z. Pressung des Windes = 3,5 Z. Quecksilber. In 24 Stunden werden 35 Gichten durchgeschmolzen, jede Gicht bestehend aus 23 Pud Kohle, 30—35 Pud Erz und 2 Pud Kalkstein, und dabei täglich gegen 700 Pud Roheisen producirt, welches größtentheils zur Stabeisenfabrikation verwendet wird. Relativer Kohlenverbrauch = 1,15. Tägliche Produktion = 230 Ctr. —

Rel. Kohlenvrb. = 1,0. Windpressung = 3''.

Die 2 Hohöfen zu Alapajewsk sind 49 F. hoch und werden mit Düsen von 4,37 Z. Durchmesser und einem 3 Z. Quecksilber gepreßten Winde betrieben. Eine Gicht besteht aus 26 Pud Birkenkohle, 52 Pud Erz (geröstete Magnet- und Brauneisensteine), 3 — 7 Pud Eisenfrischschlacken und 5 Pud quarzigem Kalkstein. Mit 45 täglichen Gichten erzeugt man gegen 1200 Pud Roheisen. Relativer Kohlenverbrauch = 1,0. Tägliche Produktion beinahe 400 Ctr. —

Rel. Kohlenvrb. = 1,2 Windpressung = 3''.

Der Hohofen zu Poschesk hat eine Höhe von 56 F. Jede Gicht

besteht aus 36 Pud Kiefernkohle, 59 Pud Brauneisenstein und 12 Pud Kalkstein. Es sind 2 Düsen von 2,6 Z. Durchmesser vorhanden, welche einen Wind von 3 Z. Quecksilber-Pressung ausblasen. Aus 20 täglich durchgesetzten Gichten erfolgen 600 Pud Roheisen. Relativer Kohlenverbrauch = 1,2. Tägliche Produktion = 200 Ctr. —

Genauigkeit d. Angab. über d. rel. Kohlenverb. und

Beispiele von dem verschiedenen relativen Brennmaterial-Verbrauch bei Kohks-Hohöfen gewähren im Allgemeinen für die Theorie des Eisenhohofen-Processes ein weniger großes Interesse, als Beispiele dieser Art bei Holzkohlen-Hohöfen. Die auf den verschiedenen Hüttenwerken zum Hohofenbetriebe angewendeten Kohks sind oft von so abweichender Beschaffenheit, daß gleichen Gewichtsmengen derselben noch weniger sicher ein gleicher Wärme-Effekt zugeschrieben werden kann, als dies zum Theil schon bei Holzkohlen der Fall. Letztere besitzen keinen erheblich verschiedenen Aschengehalt und man kann daher gut verkohlten Holzkohlen, gleichviel von welchen Holzarten dieselben herrühren, wenigstens einen annähernd absoluten Wärme-Effekt zuschreiben. Der einzige Fehler von Bedeutung, welcher hierbei begangen werden kann, besteht in einem verschiedenen Gehalte an hygroskopischer Feuchtigkeit. Einerseits aber liegt es zu sehr im Interesse der Eisenhüttenwerke, eine möglichst lufttrockene Holzkohle anzuwenden, als daß ein lange fortgesetzter Gebrauch feuchter Kohlen zu befürchten stände, und andererseits wird der durchschnittliche relative Brennmaterial-Verbrauch innerhalb eines Betriebsjahres oder einer mehrjährigen Schmelz-Campagne nicht gerade bedeutend verändert, wenn solche fehlerhafte Kohle während kürzerer Perioden wirklich zur Anwendung gekommen, und dies bei der Durchschnitts-Berechnung nicht in Anschlag gebracht seyn sollte. Der relative Brennmaterial-Aufwand bei verschiedenen Holzkohlen-Oefen gestattet daher nicht selten interessante Vergleiche, aus denen für Theorie und Praxis gleichwichtige Schlüsse gezogen werden können.

über d. relat. Kohksverb.

Nicht so ist es in Betreff der Kohks-Hohöfen, bei denen sich analoge Vergleiche nur unter Berücksichtigung mancherlei Umstände anstellen lassen, deren Einfluß auf das Resultat meist sehr schwierig veranschlagt werden kann. Eine solche Vergleichung setzt zunächst voraus, daß man die Aschenmengen der betreffenden Kohks genau kennt. Angaben hierüber vermißt man aber nur zu oft, und wo sie vorhanden sind, ist ihre Zuverlässigkeit nicht immer außer Frage gestellt. Letzteres schon aus dem Grunde, weil die Ermittelung des durchschnittlichen Aschengehaltes verschiedener Kohkssorten mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden zu seyn pflegt. Selbst bei Steinkohlen ein und desselben Flötzes kann die procentale Aschenmenge bedeutend differiren; um so mehr muß dies bei den daraus erzeugten Kohks der Fall seyn. Ferner ist hier zu berücksichtigen, daß ein aschenreicher Kohk von 10 — 12 Proc. Asche und darüber, verglichen mit einem 3 — 4 Proc. Asche haltenden Kohk, in der That einen noch geringeren Nutz-Effekt im Hohofen leistet, als sich aus

dem Verhältniß dieser Zahlen unmittelbar ergiebt. Ein großer Aschengehalt der Kohks verzögert die Verbrennung derselben schon an und für sich, indem aber die Asche mit anderen Theilen der Beschickung zusammensintert, bildet sie eine mehr oder weniger dichte Umhüllung solcher Kohks, welche ihre vollkommene Verbrennung erschwert, und dieselben um so mehr gegen aschenärmere Kohkssorten im Effekte zurückstehen läßt. Außerdem ist die Art der Asche zu berücksichtigen. Schwefelkieshaltige Steinkohlen verlieren durch die Verkohlung nur einen Theil ihres Schwefelgehaltes, und gypshaltige behalten denselben hierbei so gut wie ganz. Dieser Schwefelgehalt der Kohks bewirkt im Hohofen die Erzeugung eines schwefelhaltigen Roheisens, begünstigt dadurch die Schmelzbarkeit der Erze und wirkt, obschon nachtheilig auf die Qualität, doch vermehrend auf die absolute Quantität der Produktion ein. Endlich darf auch der oft verschiedene Grad der Porosität der Kohkssorten nicht außer Acht gelassen werden. Dichte Sinterkohks können, alle übrigen Umstände gleichgesetzt, keinen so hohen pyrometrischen Wärme-Effekt haben, als poröse und dabei hinreichend feste Backkohks, in welche die Gebläseluft besser eindringen und innerhalb eines gegebenen Raumes eine größere Menge Kohlenpartikel gleichzeitig verbrennen kann (s. Bd. I, S. 453—455).

Schwierigkeit d. Vergleichung d. rel. Kohlenverb. mit d. rel. Kohksverb.

Ist es schon schwierig, den relativen Brennmaterial-Verbrauch verschiedener Kohks-Hohöfen richtig zu beurtheilen, so vermehren sich die Schwierigkeiten noch beträchtlich, wenn es sich darum handelt, dies vergleichsweise zwischen Kohks- und Holzkohlen-Hohöfen zu thun. Hier kommt hauptsächlich noch in Betracht, daß bei nicht wenigen Kohks-Hohöfen ganz andere Betriebs-Principien verfolgt werden, als dies in der Regel bei Holzkohlen-Hohöfen der Fall ist. Bei ersteren ist die Größe der absoluten Produktion (der innerhalb einer gewissen Zeit dargestellten Menge des Roheisens) oft das vornehmste Ziel, welches man, sogar mit Vernachlässigung der Qualität des erzeugten Roheisens, zu erreichen strebt. Es geschieht dies zum Theil aus dem Grunde, weil man mit unreinen Kohks selbst bei gemäßigterem Betriebe kein zum Verfrischen besonderes geeignetes Roheisen erhalten würde und sich deshalb durch eine möglichst große Produktion von Gußroheisen schadlos zu halten sucht. Schon die Construktion dieser meist mit sehr steiler Rast versehenen Kohks-Hohöfen ist auf einen lebhaften Schmelzgang berechnet, welcher durch ein beträchtliches Quantum erhitzter und stark gepreßter Gebläseluft bis zu einem außerordentlichen Grade gesteigert wird. Bei Holzkohlen-Hohöfen läßt sich eine so extreme Steigerung der Produktion in der Regel nicht erreichen, und zugleich pflegt es hier das Interesse zu gebieten, lieber weniger und gutes, als viel und mittelmäßiges Eisen zu produciren.

Diese Bemerkungen mußten vorausgeschickt werden, um die folgenden, sich auf Kohks-Hohöfen beziehenden Angaben sowohl unter sich, als auch

in Bezug auf die Holzkohlen-Hohöfen im rechten Lichte erscheinen zu lassen.

Die Belgischen Kohks-Hohöfen*). Die in diesen Oefen verschmolzenen Erze bestehen größtentheils in derben, zum geringen Theil in milden Brauneisensteinen; sehr selten wendet man Rotheisensteine an, weil das daraus erzeugte Roheisen beim Verfrischen ein etwas kaltbrüchiges Stabeisen zu geben pflegt. Um die Erze von mechanisch anhängenden lettigen Theilen zu säubern, welche in mehrfacher Hinsicht ungünstig auf den Schmelzproceß einwirken würden, unterwirft man dieselben einer Wäsche. Die gewaschenen Erze halten 35—40 Proc. Eisen, oder werden wenigstens zu einem solchen Gehalte ausgebracht. Man beschickt sie gewöhnlich mit 35—40 Proc., zuweilen sogar mit einer noch beträchtlicheren Quantität eines Uebergangskalksteins von ausgezeichneter Reinheit. Die zum Verschmelzen dienenden Kohks werden aus backenden Steinkohlen von vorzüglicher Güte dargestellt. Sie sind aschenarm, fest und dabei porös, besitzen also alle Eigenschaften, welche Kohks empfehlenswerth zum Hohofen-Processe machen können. 1 Cub.-F. Preuß. derselben wiegt $26^1/_2$ Pfd. Die Hohöfen haben eine Schachtgestalt, welche der in Fig. 138 abgebildeten nahe kommt. Sie sind zwischen 48—50 F. Engl. ($46^2/_3$ — $48^1/_2$ F. Preuß.) hoch, mit Ausnahme eines Ofens von Grivegné und eines von Couillet, von denen der erstere 60 F. Engl. ($58^1/_4$ F. Preuß.) und der andere 45 F. Engl. ($43^2/_3$ F. Preuß.) Höhe besitzt. In letzterem werden Kohks angewendet, welche sich durch ihre leichte Verbrennlichkeit (große Porosität) auszeichnen. Kohlensack und Gicht verhalten sich, ihrem Flächeninhalte nach, bei allen diesen Oefen wie 1 zu 0,25 bis 0,286, bei jenem ausnahmsweise hohen Ofen von Grivegné wie 1 zu 0,22. Als Beispiel von dem räumlichen Inhalte dieser Oefen kann es dienen, daß einer der größeren derselben (zu Seleſſin) 3688 Cub.-F. Capacität besitzt. — Ueber die Windmengen, welche die Belgischen Kohks-Hohöfen in der Minute erhalten, giebt Eck Folgendes an.

Rel. Kohkverb. b. weiß. Roheis. = 1,50—1,65. b. grau. Roheis. = 2,00—2,40. Windpressung = 5,5″ — 7″ — 8,5″. Windtemperat. = 90°.

Ein	Ofen	zu	Seleſſin	erhält	in	der	Minute	3530	Cub.-F. Wind.
»	»	»	Espérance	»	»	»	»	2881	» »
»	»	»	Seraing	»	»	»	»	2730	» »
»	»	»	Grivegné	»	»	»	»	3796	» »
»	»	»	Couillet	»	»	»	»	3058	» »
»	»	»	Châtelineau	»	»	»	»	3636	» »

*) Diese Angaben sind aus Eck's vortrefflichem Aufsatze: Ueber den Betrieb der Kohks-Hohöfen in Belgien mit besonderer Beziehung auf die Königshütte in Oberschlesien (Karst. Arch. Bd 23, S. 661. Berg- und Hüttenm. Ztg. Bd 9, S. 5 2) entnommen.

Diese Windmengen, welche auf 28 Z. Paris. Bar. und 0° Therm. reducirt sind, wurden bei den ersten vier der genannten Oefen aus dem Gange der Gebläsemaschine (Hubhöhe, Kolbenfläche und durchschnittliche Anzahl der Kolbenspiele in der Minute) berechnet; bei den zwei letzten derselben dagegen aus dem Manometerstande und dem Düsen-Querschnitte *). Sämmtliche Oefen, mit Ausnahme des von Grivegné, sind mit 2 Düsen versehen. Der

---

*) Die bei dieser zweiten Berechnungsart zu Grunde gelegte Formel (Karsten's Eisenhüttenk. 3te Aufl., Bd. 2, S. 594) entbehrt des Correktions-Coëfficienten für die Ausströmung der Luft aus konischen Oeffnungen und besitzt noch einen anderen Fehler. Zur Berichtigung müssen die Windmengen 3058 Cub.-F. (Couillet) und 3636 Cub.-F. (Châtelineau) mit 0,92 $(1 - 0{,}084 \sqrt{M})$ 1,116 $= 1{,}027\ (1 - 0{,}084 \sqrt{M})$ multiplicirt werden. $M =$ dem Manometerstande in Zollen Quecks. Man erhält alsdann nur 2407 Cub.-F. und 2862 Cub.-F., also respective 651 Cub.-F. und 774 Cub.-F. weniger. Ferner hat es den Anschein, als seyen auch die aus dem Gange der Gebläsemaschine berechneten Windmengen für die Oefen von Seleſſin, Espérance, Seraing und Grivegné zu hoch ausgefallen, obwohl dabei ein Windverlust von 15 Proc. für schädlichen Raum u. s. w. in Abzug gebracht worden ist, während man in Belgien gewöhnlich nur 12½ Proc. dafür in Anschlag bringt. Der Ofen von Espérance hat 2 Düsen von 2½ Z. Engl. Durchmesser, welche in gewissen Fällen mit 2 Düsen von 2¾ Z. Engl. Durchmesser vertauscht werden. Der Manometerstand beträgt etwa 8½ Z. Quecks. (4¼ Pfd. auf ein Q.-Z.). Beim Ofen von Seraing bedient man sich zweier Düsen von 2½ Z. Engl. oder 3 Z. Engl. Durchmesser und einer Windpressung von 7—7½ Z. Quecks. (3½—3¾ Pfd. auf 1 Q.-Z.). Aus diesen Daten ergeben sich, unter Anwendung der im 1sten Bande, S. 465, angegebenen Formel (18) folgende Windmengen in der Minute:

Ofen von Espérance.

Bei 2 Düsen von 2½ Z. Engl. Durchmesser	2072 Cub.-F.
» 2 » » 2¾ » » »	2507 »
Aus dem Gange der Gebläse-Maschine berechnet	2881 »

Ofen von Seraing.

Bei 2 Düsen von 2½ Z. Engl. Durchmesser	1967 »
» 2 » » 3 » » »	2832 »
Aus dem Gange der Gebläse-Maschine berechnet	2730 »

Beim Ofen von Seraing wurde das Maximum der Windpressung, 7½ Z. Quecks., in Rechnung gebracht. Für beide Oefen ergaben sich also die nach der Formel (18) berechneten mittleren Windmengen beträchtlich niedriger, als die aus dem Gange der Gebläse-Maschine abgeleiteten. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat dies seinen Grund in der sehr hohen Pressung der Gebläseluft, für welche einerseits der Correktions-Coëfficient 0,92 $(1 - 0{,}084 \sqrt{M})$ nicht mehr richtig, andererseits aber selbst ein Windverlust von 15 Proc. kaum ausreichend seyn dürfte. Daß jener Coëfficient für hohe Windpressungen erheblich verändert werden muß, ergiebt sich auch aus einigen neuerlich über diesen Gegenstand angestellten Versuchen, deren Resultate vielleicht bald veröffentlicht werden dürften.

Ofen von Grivegné hat 4 Düsen, von denen 2 in der Rückwand und je eine in jeder der beiden Seitenwände angebracht sind. Erstere haben $1\frac{1}{2}$, letztere $2\frac{1}{2}$ Z. Engl. Durchmesser. Die Windpressungen betragen beim Ofen von Sclessin $5\frac{1}{2}$ Z. Quecks., bei den Oefen von Seraing, Grivegné, Couillet und Châtelineau $7-7\frac{3}{4}$ Z. Quecks. und beim Ofen von Espérance $8\frac{1}{2}$ Z. Quecks. Früher bediente man sich einer stark erhitzten Gebläseluft, deren Temperatur mitunter 300° C. erreichte. Da aber die Erfahrung herausstellte, daß dies von nachtheiligem Einfluß auf die Güte des Roheisens war, so ging man allmälig in der Erhitzung des Windes zurück, und wendet jetzt fast allgemein nur eine sehr schwach, höchstens auf 75°—100° C. erhitzte Gebläseluft an. Das producirte Roheisen besteht größtentheils in weißem Frischroheisen, fonte d'affinage, zum weit geringeren Theile in grauweißem und grauem Gußroheisen, fonte de moulage, und nur selten wird halbirtes Roheisen, fonte truitée, erzeugt. Der durchschnittliche relative Kohksverbrauch beträgt

bei fonte d'affinage . . . . 1,50 — 1,65,
bei fonte de moulage . . . 2,00 — 2,40.

Die durchschnittliche tägliche Produktion läßt sich bei fonte d'affinage zu 320 Ctr. und bei fonte de moulage zu 215 Ctr. veranschlagen.

Die Kohks-Hohöfen zu Königshütte in Oberschlesien. Die in den Oberschlesischen Hohöfen verschmolzenen Erze bestehen, wie die Belgischen, in derben und milden (mulmigen Brauneisensteinen), doch mit dem wesentlichen Unterschiede, daß letztere bei weitem die vorherrschenden sind. Der mittlere Eisengehalt ihrer Gattirung beläuft sich gewöhnlich auf 32 — 33 Proc., höchstens auf 35 Proc. Eine Reinigung und zugleich Anreicherung der Erze durch Waschen, wie es in Belgien gebräuchlich ist, läßt die mulmige Beschaffenheit derselben nicht zu. Die Oberschlesischen Kohks sind von sehr verschiedener Art, aber — etwa die von Zabrze ausgenommen — durchgängig von bedeutend geringerer Güte als die Belgischen. Die auf der Königshütte angewendeten Kohks, aus Sand- und Sinterkohlen dargestellt, sind sehr dicht und aschenhaltig, so daß das durchschnittliche Gewicht eines Cubikfußes derselben $33\frac{3}{4} — 34\frac{1}{2}$ Pfd. erreicht. Kalkzuschläge werden in Belgien im Allgemeinen in größerer Quantität als in Oberschlesien angewendet. Während dieselben bei einigen Belgischen Hohöfen (Dugrée, Espérance, Sclessin, Couillet, Châtelineau) auf 100 Pfd. ausgebrachtes Roheisen 95 — 140 Pfd. (Seraing 170 Pfd.) betragen, sind sie auf der Königshütte = 78 — 100 Pfd. Einer der 4 Hohöfen dieses Hüttenwerkes hat einen räumlichen Inhalt von 1950 Cub.-F. und erhält in der Minute 2250 Cub.-F. Wind (aus dem Gange der Gebläsemaschine berechnet). Pressung des Windes = $6\frac{1}{2}$ Z. Quecks. Man bläst, wie in Belgien, theils kalt, theils mit einer Gebläseluft von 75° — 100° C. Die Kohlensackfläche jenes Ofens ist = 95 Quad.-F. (bei den Belgischen Oefen = 135 — 226 Quad.-F.). Der Flächeninhalt

Rel. Kohksverb. = 2,15 — 2,84. (Graues R.) Windpressung. = 6,5''. Windtemperat = 90°.

der Gicht beträgt 0,18 von dem des Kohlensackes, ist also verhältnißmäßig bedeutend kleiner als bei den Belgischen Hohöfen, was durch die mulmige Beschaffenheit der Erze bedingt wird (S. 81). Der relative Kohksverbrauch beläuft sich bei der Darstellung von grauem Roheisen auf 2,45. Tägliche Produktion = 85 Ctr.

Vergleichung der Belgischen Hohöfen mit den Hohöfen zu Königshütte.

Um eine Vergleichung der Betriebs-Resultate auf Königshütte mit denen in Belgien noch übersichtlicher zu machen, dazu dient folgende Zusammenstellung, welche die wichtigsten Punkte enthält, die auf relativen Brennmaterial-Verbrauch und absolute Roheisen-Produktion von Einfluß sind.

	Königshütte.	Belgien.
1) Beschaffenheit der Erze . . .	mulmig	fest
2) Eisengehalt der Erzgattirung .	34,7 Proc.	38 Proc.
3) Menge des Kalkstein-Zuschlags .	35 Proc.	40 Proc.
4) Beschaffenheit des Kalksteins .	?	sehr rein
5) 1 Cub.-F. Kohks wiegt . . .	34 Pfd.	$26\frac{1}{2}$ Pfd.
6) Aschengehalt der Kohks . . .	beträchtlich	gering
7) Schwefelgehalt der Kohks . .	?	?
8) Ganze Höhe des Ofenschachtes .	40 F.	47 — 48 F.
9) Rastwinkel	65° — 66°	65° — 68°
10) Ofen-Capacität	1950 Cub.-F.	3690 Cub.-F.*)
11) Kohlensackfläche	95 Quad.-F.	161 Quad.-F.
12) Verhältniß der Gichtfläche zur Kohlensackfläche (= 1) . . .	0,18	0,26
13) Windmenge in der Minute . .	2250 Cub.-F.	3530 Cub.-F.
14) Windpressung	$6\frac{1}{2}$ Z. Queckf.	$5\frac{1}{2}$-$8\frac{1}{2}$ Z. Queckf.
15) Windtemperatur	ungefähr gleich	
16) Rast-Capacität **)	$13\frac{1}{2}$	20
17) Relativ. Kohks-Verbrauch	2,45***)	2,20
18) Tägliche Produktion . .	85 Ctr.	215 Ctr.

Ursachen des größeren relat. Kohksverbr. zu Königshütte.

Als Ursachen des größeren relativen Kohksverbrauchs bei dem Hohofen zu Königshütte im Vergleich mit den Belgischen Hohöfen stellen sich hiernach zunächst folgende Umstände heraus.

Sub 1) die mulmige Beschaffenheit der auf Königshütte angewendeten

*) Die Angaben 10—13 bei den Belgischen Hohöfen beziehen sich speciell auf einen der Hohöfen von Seleſſin, dessen Dimensionen als die in Belgien gebräuchlichsten angesehen werden können.

**) Man sehe hierüber S. 93 bis S. 95.

***) Bei zwei anderen Königshütter Hohöfen giebt Förster (Wachler, die Eisenerzeugung Oberschlesiens, Heft 6, S. 89) den relativen Kohksverbrauch zu 2,58 und 2,84 an.

Erze. Von welchem wesentlichen Einflusse der Aggregat-Zustand und die Festigkeit der Erze auf den Hohofenproceß sind, wurde schon mehrfach — namentlich S. 16, S. 45 und S. 99 — auseinandergesetzt.

Sub 2) der über 3 Proc. geringere Eisengehalt der Erzguttirung (S. 98).

Sub 5) und 6) der größere Aschengehalt und die vielleicht zu große Dichtigkeit (zu geringe Porosität) der Kohks, wodurch dieselben zu schwer verbrennlich werden (S. 38 und S. 121—122).

Wie der auf Königshütte angewendete geringere Kalkzuschlag in der gedachten Beziehung wirkt, ist nicht gut zu entscheiden. Einerseits erhält der Ofen dadurch eine verhältnißmäßig geringere Menge von zu verarbeitender Schmelzmasse, was auf Brennmaterial-Ersparung hinwirkt, andererseits aber nähert sich die Schlacke dadurch weniger einem Singulo-Silicate, als bei den Belgischen Hohöfen, deren Schlacken alle mehr oder weniger als Singulo-Silicate zu betrachten seyn dürften. Das Singulo-Silicat der Kalkerde ist aber leichter schmelzbar, als das Bi-Silicat derselben; und folglich wäre es möglich, daß die Belgischen Schlacken etwas leichtflüssiger ausfielen, als die zu Königshütte.

Was die beträchtlich geringere Rast-Capacität des Königshütter Hohofens betrifft, so will es scheinen, als sey dieselbe dem relativen Brennmaterial-Verbrauch und der absoluten Produktion nicht zum Vortheil. Man sehe hierüber S. 93—95. Jedoch läßt sich dies nicht eher genauer beurtheilen, als bis man die Geschwindigkeiten kennt, mit welchen sich die Schmelzsäule im Königshütter Ofen und in den Belgischen Oefen niederwärts bewegt; denn von dieser Geschwindigkeit ist es abhängig, wie lange sich die Beschickung in den respectiven Rasträumen aufhält. Auf folgende Weise läßt sich das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten annähernd berechnen *).

Die Zeiten z und z_1, welche das Erz in zwei verschiedenen Hohöfen dazu braucht, um von der Gicht bis in's Gestell zu gelangen, verhalten sich

wie die cubischen Inhalte i und i_1 dieser Oefen, und

umgekehrt wie die während gleicher Zeiträume consumirten Volume des Brennmaterials und der Beschickung v und v_1.

Es findet daher die Proportion statt:

$$z : z_1 = \frac{i}{v} : \frac{i_1}{v_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Jene während gleicher Zeiträume consumirten Volume v und v_1 verhalten sich aber

*) Eine solche Berechnung würde sehr einfach und direkt anzustellen seyn, wenn uns genau bekannt wäre, wie viel Beschickungssätze (Gichten) jeder der beiden Hohöfen zu seiner vollständigen Füllung braucht, und wie viel solcher Gichten in einer gegebenen Zeit, z. B. in 24 Stunden, durchgesetzt werden.

wie die absoluten Produktionen p und p_1 beider Oefen, und umgekehrt wie die in 1 Cub.-F. der gesammten Massen der Beschickung und des Brennmaterials enthaltenen Gewichtsmengen Eisen e und e_1,

was sich ausdrücken läßt durch die Proportion

$$v : v_1 = \frac{p}{e} : \frac{p_1}{e_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Aus diesen Proportionen (1) und (2) erhält man die Gleichung

$$\frac{z}{z_1} : \frac{i p_1 e}{i_1 p e_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (A).$$

Die numerischen Werthe der in dieser Formel enthaltenen Größen sind

beim Hohofen zu Königshütte	bei den Belgischen Hohöfen (Seleſſin)
$i = 1950$	$i_1 = 3690$
$p = 85$	$p_1 = 215$
$e = 3{,}98$	$e_1 = 3{,}86$ *).

Setzt man diese Werthe in die Formel (A), so ergiebt sich

$$\frac{z}{z_1} = 1{,}38.$$

Das Erz im Königshütter Ofen braucht also ungefähr 1,38mal so viel Zeit, um von der Gicht bis in's Gestell zu gelangen, als das in den Belgischen Oefen. Die mittleren Geschwindigkeiten G und G_1, mit denen sich das Erz in beiden Oefen niederwärts bewegt, verhalten sich daher wie

$$G : G_1 = \frac{1950}{1{,}38} : 3690,$$

woraus man findet

$$\frac{G}{G_1} = 0{,}383,$$

d. h. das Erz im Königshütter Hohofen bewegt sich nur mit 0,383 der mittleren Geschwindigkeit niederwärts, welche das Erz in den Belgischen Hohöfen besitzt. Da sich nun die cubischen Inhalte der respectiven Rasten wie 547 : 1200 (Seleſſin) verhalten (S. 94), so ergeben sich die Zeiten A und A_1, während welcher sich das Erz in den Rasten aufhält, durch die Proportion:

*) Die mittleren Eisengehalte e und e_1 eines Cubikfußes der gesammten Massen der Beschickung und des Brennmaterials sind unter der Annahme berechnet, daß 1 Cub.-F. der betreffenden Beschickungen durchschnittlich 90 Pfd. wiegt. Alsdann ergiebt sich, mit Zuziehung anderer Daten, annähernd:

$$e = \frac{90 \,.\, 0{,}347}{1{,}35 + \frac{2{,}45 \,.\, 90}{34}} = 3{,}98 \qquad e_1 = \frac{90 \,.\, 0{,}38}{1{,}40 + \frac{2{,}20 \,.\, 90}{26{,}5}} = 3{,}86.$$

$$A : A_1 = \frac{547}{0,383} : 1200$$

und folglich

$$\frac{A}{A_1} = 1,19,$$

d. h. das Erz im Königshütter Hohofen befindet sich 1,19mal so lange im Rastraume, als das im Belgischen. Allein es fragt sich, ob dieser längere Aufenthalt, in Betracht der stattfindenden Umstände, als hinreichend zu erachten sey. Obwohl die Theorie hierüber nicht mit Sicherheit zu entscheiden vermag, dürfte doch die Verneinung dieser Frage wahrscheinlicher seyn, als ihre Bejahung. Das große Hinderniß, welches eine dicht liegende Beschickung (von überdies vielleicht unreineren Erzen) der reducirenden und kohlenden Wirkung der Ofengase auf das Erz entgegengestellt, wird im vorliegenden Falle noch durch die Schwerverbrennlichkeit der Königshütter Kohks vermehrt. Letztere hat zur Folge, daß die in der Kohlungszone aus dem Kohlenoxydgas entstandene Kohlensäure schwieriger wieder zu Kohlenoxyd umgewandelt wird, als dies bei den porösen und leichter verbrennlichen Belgischen Kohks geschieht. Die geringere Angreifbarkeit der Königshütter Kohks wird überdies noch durch ihren beträchtlicheren Aschengehalt erhöht. Also wird die Beschickung im Königshütter Ofen nicht bloß weniger gut von den Ofengasen durchströmt, sondern diese enthalten auch, namentlich in den oberen Ofentheilen, verhältnißmäßig weniger Kohlenoxydgas. Somit ist es sehr wahrscheinlich, daß die Beschickung im ersteren Ofen, trotz ihrem etwas längeren Aufenthalte im Rastraume, dennoch weniger gut vorbereitet in den Schmelzraum gelangt, als in letzterem; und solchenfalls hat der Königshütter Ofen ein weniger gekohltes und daher strengflüssigeres Eisen zu verschmelzen als der Belgische.

Es bleibt jetzt noch zu untersuchen übrig, welche Schmelzkraft, so zu sagen, der Ofen zu Königshütte dieser ihm zugemutheten größeren Schmelzarbeit entgegenzustellen vermag. Die Gestellräume des Königshütter und des Belgischen Seleſſiner Ofens verhalten sich wie 46 : 65 (S. 94).

Die pro Minute eingeblasenen Windmengen dieser Oefen sind 2250 Cub.-F. und 3530 Cub.-F.; also verhalten sich die Windquantitäten, welche ein bestimmter Raum des Gestelles pro Minute in beiden Oefen erhält, wie $\frac{2250}{46} : \frac{3530}{65} = 49,0 : 54,3$. Doch ist zu berücksichtigen, daß der Ofen zu Königshütte eine $6^1/_2$ Z., der zu Seleſſin nur eine $5^1/_2$ Z. (andere Belgische Kohkshohöfen dagegen 7 — $8^1/_2$ Z.) gepreßte Gebläseluft erhält. Schlagen wir diese Verhältnisse so an, daß die Wind-Capacitäten beider Oefen, in Betreff des im Gestell (in der Schmelzzone) hervorgebrachten Effektes etwa gleich seyen, so bleibt doch noch zu erwägen, daß die schwerer ver-

brennlichen und aschenreicheren Königshütter Kohks eigentlich wohl eine größere Wind-Capacität erfordern, um einen eben so hohen Hitzgrad zu entwickeln als die Belgischen. Herrscht nun aber im Gestellraum des Königshütter Ofens ein geringerer Hitzgrad als in dem des Belgischen, und langt das Eisen im ersteren überdies noch in einem weniger leicht schmelzbaren Zustande an, so ist klar, daß dies den Schmelzgang verhältnißmäßig verzögern muß.

In Folge dieser Betrachtungen ergiebt es sich als wahrscheinlich, daß die Rast-Capacität des Königshütter Ofens im Vergleich mit der der Belgischen Oefen zu klein, d. h. der räumliche Inhalt des Gestelles bei ersterem Ofen zu groß sey *).

Rel. Kohlverb. = 2,34—2,96. (Graues R.) Windpressung = $2^3/_4$". Windtemperat. = 300°.

Die Kohks-Hohöfen zu Neunkirchen in Rhein-Preußen **) geben ein interessantes Beispiel von dem Einflusse, welchen eine verschiedene Ofen-Construktion auf den relativen Brennmaterial-Verbrauch ausübt. Es befinden sich hier zwei, in ihren Dimensionen folgendermaßen von einander abweichende Hohöfen.

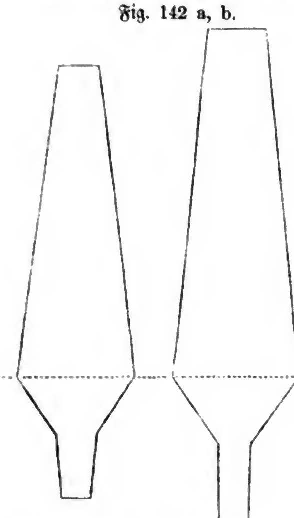
	Nro. 1.		Nro. 2.	
Durchmesser der Gicht	3	Fuß.	4	Fuß.
» des Kohlensackes	8	»	9	»
» des Gestells, oben	3	»	2,5	»
» des Gestells, unten	2,17	»	2,17	»
Höhe des Gestells	4,5	»	5,5	»
» der Rast	4	»	4,5	»
» des ganzen Ofenschachtes	30	»	34	»
Flächeninhalt des oberen Gestell-Querschnittes	7,1	Q.-F.	4,9	Q.-F.
» der Gicht	7	»	12,5	»
» des Kohlensackes	50,2	»	63,5	»

*) Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die hier zwischen den Belgischen Hohöfen und dem Königshütter Hohofen angestellten Vergleiche keinen anderen Zweck haben sollen, als Beispiele von Betrachtungen zu geben, wie sie der rationelle Eisenhüttenmann anzustellen hat, um dem seiner Leitung anvertrauten Hohofenbetriebe die möglichste Vollkommenheit zu geben. Keineswegs aber können dieselben dazu dienen, den Betrieb des Königshütter Hohofens — welcher bekanntlich von einem der ausgezeichnetsten Deutschen Eisenhüttenleute vorgestanden wird — in das rechte Licht gegen den der Belgischen Hohöfen zu setzen. Hierzu würden die zu Grunde gelegten Daten nicht ausreichend seyn. — Ein Umstand, welcher unter den ungünstigen Verhältnissen der Königshütter Hohöfen im Vergleich zu den Belgischen gewiß auch eine Rolle spielt, ist der sehr geringe Alkaligehalt der Königshütter Beschickung und Kohks (S. 8). Von der Größe dieses Alkaligehaltes hängt die Menge des gebildeten Cyans ab; letztere aber begünstigt mehr oder weniger die Kohlung des Eisens und trägt mithin zu einer verhältnißmäßigen Förderung des ganzen Schmelzganges bei.

**) Förster in Wachler's Eisen-Erzeugung Oberschlesiens Heft 6, S. 86.

Diese Dimensionen entsprechen ungefähr den in Fig. 142, a, b dargestellten senkrechten Durchschnitten beider Ofenschächte.

Fig. 142 a, b.



Jeder dieser Hohöfen ist mit 2 Düsen von $3^3/_4$ Z. Durchmesser versehen, durch welche derselbe Wind von $2^3/_4$ Z. Quecks. Pressung und 300° C. Temperatur zugeführt erhält. In beiden Oefen werden gleiche Beschickungen mit demselben Brennmaterial verschmolzen. 1 Cub.-F. der angewendeten Kohks wiegt 25 Pfd., was dem Gewichte der Belgischen Kohks sehr nahe kommt. Die Erzgattirung (Sphärosiderit und Thoneisenstein), welche zu 32 Proc. grauem Roheisen ausgebracht wird, beschickt man mit 23 — 24 Proc. Kalkstein. Relativer Kohksverbrauch im Ofen Nro. 1 = 2,96 und im Ofen Nro. 2 = 2,54.

Der Kohks-Hohofen auf der Königin-Marien-Hütte bei Zwickau hat folgende Dimensionen in Englischem Maße (1 F. Engl. = 0,971 F. Rheinl.):

Rel. Kohkverb. = 173. (Weißes R.) Windpressung = 1½''.

Höhe des ganzen Ofenschachtes	43 F.	— Z.	
» des Gestells	6 »	4 »	43 F.
» der Rast	7 »	5 »	
» des oberen Schachtes (oberhalb der Rast)	29 »	3 »	
Durchmesser der Gicht	5 »	— »	
» des Kohlensackes	10 »	8 »	
» des Gestells, oben	3 »	4 »	
» des Gestells, unten	2 »	— »	
Rastwinkel	63°		

Der cubische Inhalt des ganzen Ofenschachtes ohne Heerdraum beträgt 1752 Cub.-F., und zwar kommen davon

auf den oberen Schachtraum	1405 Cub.-F.
» » Rastraum	311 »
» » Gestellraum	36 »
	1752 Cub.-F.

Die durchschnittliche Windmenge (von gewöhnlicher Temperatur und bei mittlerem Barometerstande), welche der Ofen in der Minute erhält, beläuft

sich auf ungefähr 2000 Cub.-F. Engl., wie sich dies aus dem Manometerstande = $1\frac{1}{2}$ Z. Quecks. und dem Düsendurchmesser = $3\frac{1}{2}$ Z. (2 Düsen) ergiebt. Die verschmolzene Gattirung besteht in der Regel aus 20 Proc. Sphärosiderit, 65 Proc. Rotheisenstein und 15 Proc. Brauneisenstein, welche Erze bis vor Kurzem ungeröstet angewendet wurden. Erst in neuester Zeit hat man angefangen, den Sphärosiderit und den Brauneisenstein zu rösten. Die gesammte Gattirung — deren Größe des Korns etwa zwischen Linsen- und Hühnerei-Größe variirt — wird durchschnittlich zu 32,7 Proc. größtentheils weißem und grauweißem Roheisen ausgebracht, welches für den Puddelofen-Betrieb bestimmt ist. Als Zuschlag werden 46 Proc. Kalkstein angewendet. Das zur Verschmelzung dienende Brennmaterial besteht in Backkohks. Dieselben sind trotz ihrer Porosität hinreichend fest, und enthalten noch nicht ganz 4 Proc. Asche. 1 Cub.-F. Rheinl. solcher Kohks wiegt 19 Pfd. Der relative Kohksverbrauch stellt sich = 1,73 heraus. Tägliche Produktion = 113 Ctr.

Rel. Kohksverb. = 2,4. (Graues R.) Windpressung = 4,6" — 5,7" — 7,6".

Die Kohks-Hohöfen zu Maubeuge im Französischen Norddepartement*). Der musterhaft ausgeführte Bau der hier befindlichen zwei Hohöfen wurde in den Jahren 1840 u. f. von den Bergwerks-Ingenieuren **Drouot** und **Boudousquié** geleitet. Beide Oefen haben gleiche Construktion.

Höhe des ganzen Ofenschachtes .	14 Met.	= 44,6 F.	
» des Gestells	2,1 »	= 6,7 »	44,6 F.
» der Rast	3,5 »	= 11,15 »	
» des Kohlensackes . . .	1,0 »	= 3,15 »	
» des oberen Schachtes . .	7,4 »	= 23,6 »	
Durchmesser der Gicht	2,0 »	= 6,4 »	
» des Kohlensackes .	4,1 »	= 13,1 »	
» des Gestells, oben .	1,0 »	= 3,2 »	
Querschnittfläche des Kohlensackes	13,2 Q.-M.	= 133 Q.-F.	
Cubischer Inhalt des ganzen Ofens (incl. Vorheerd) . .	120 Cub.-M.	= 3882 Cub.-F.	

Die mittelst eines Cylindergebläses durch drei Düsen in den Ofen geblasene Windmenge beträgt, aus dem Gange jenes Gebläses berechnet 68,72 Cub.-M. = 2223 Cub.-F. in der Minute. Nach Abzug von 10 — 12 Proc. Windverlust läßt sich dieselbe auf ungefähr 2000 Cub.-F. veranschlagen**). Pressung des Windes = 4,6 — 5,7 Z. Quecks.; mitunter

---

*) Nach **Drouot's** Beschreibung in Ann. d. mines, 4 sér. T. IV, pag. 283, sowie **Hartmann's** Fortschritte der Eisenhüttenkunde, S. 517.

**) Diese Windmenge bezieht sich auf einen Gang der Maschine, bei welchem der Gebläsekolben 8 Spiele in der Minute macht. Doch vermag man es bis zu

bis zu 7,6 Z. Quecks. gesteigert. Man bedient sich stets einer kalten Gebläseluft. Die zur Verschmelzung angewendeten Kohks enthalten 16 Proc. thonkieselige Asche. Zu 1000 Kilogr. grauem Roheisen verbraucht man 3510 Kilogr. Erz, 1804 Kilogr. Zuschlag (Kalkstein) und 2400 Kilogr. Kohks. Hiernach wird also das Erz zu 28,5 Proc. ausgebracht, und es ist der relative Kohksverbrauch = 2,4. Tägliche Produktion durchschnittlich etwa = 230 Ctr.

Die Englischen Kohks-Hohöfen in der Provinz Wales *), über 200 an der Zahl, haben in ihren Betriebs-Verhältnissen Vieles mit einander gemein. Die gewöhnlichen Dimensionen der Ofenschächte liegen zwischen folgenden Grenzen. (Alle Angaben in Englischem Maß.)

Rel. Kohksverbr. = 1,75—2,1. Windpressung = 3'' — 5'' — 6''.

Höhe des ganzen Schachtes . .	40 — 50 F.
» der Rast	7 — 8 »
» des Gestells	5 — 7 »
Durchmesser der Gicht	6 — 8 »
» des Kohlensackes . .	14 — 17 »
Weite des Gestells (oben) . . .	3 — 4 »
Rastwinkel	60° — 66°

Bedeutend übertroffen werden diese Oefen in ihren Dimensionen durch 3 Hohöfen auf den Plymouth-Werken in der Nähe von Merthyr Tydvil, deren Schachthöhe 62 F., Kohlensackweite 19 F. und Gichtweite 10 F. beträgt.

Sämmtliche Hohöfen in Südwales **) sind aus einem feinkörnigen Sandstein der Steinkohlenformation erbaut, und die Schachtfutter bestehen aus so vortrefflichen feuerfesten Ziegelsteinen, daß sie mehrere Schmelz-Campagnen auszuhalten vermögen. Das Gestell besteht aus einem ebenfalls sehr festen Quarzconglomerat, welches Campagnen von häufig 5 Jahr und darüber zuläßt. — Die Gebläse werden meist durch Dampf-, mitunter auch durch Wasserkraft in Bewegung gesetzt. Die Gebläsecylinder haben in der Regel einen Durchmesser und einen Hub von 8 F. und machen durchschnittlich 14 Hübe in der Minute, so daß, nach Abrechnung des Windverlustes, die in der Minute gelieferte Windmenge sich auf 10800 Cub.-F. beläuft, womit 2 der gewöhnlichen Hohöfen gespeist werden. Die erwähnten 3 großen Hoh-

---

12 Spielen pro Minute zu treiben und dadurch 103 Cub.-M. = 3335 Cub.-F. Wind, nach Abzug des Windverlustes also gegen 3000 Cub.-F. Wind zu erzeugen.

*) Hartmann's Uebersetzung von Valerius Handbuch der Roheisenfabrik., S. 527. — Daubrée, Ann. des mines, 3 sér. T. XIV.

**) In Südwales befindet sich die bei weitem größere Anzahl der Hohöfen. In Nordwales waren im Jahre 1849 nur 11 vorhanden.

öfen auf den Plymouth-Werken haben einen Gebläsecylinder von $12^1/_6$ F. Durchmesser und 8 F. Hub, welcher jeden Ofen durch 3 Düsen in der Minute etwa mit 6000 Cub.-F. versorgt. Die Windpressung beträgt 3—5 Z. Quecks., bei einigen Oefen sogar 6 Z. Quecks. Düsendurchmesser = 3—$3^3/_4$ Z.

Das in Südwales, wie in England überhaupt, am häufigsten zum Hohofenbetriebe angewendete Erz ist ein thoniger Sphärosiderit (clay-iron-ore), welcher Flötze im Steinkohlen- und im Grünsand-Gebirge bildet. Im Südwaleser Kohlenbecken kommt er auf 10 Flötzen vor, und zwar entweder in größeren nierenförmigen Massen oder in besonderen Lagen. Die unteren Flötze, die reichhaltigsten an Kohle, sind es auch an Eisenerz. Man unterscheidet mehrere Erzsorten, welche nach dem Rösten folgende chemische Zusammensetzung haben:

	Rothe Schicht.	Fleckige Schicht.	Schwarze Schicht.	Black pin.	Graue Schicht.	Braune Schicht.
Eisen . .	42,0	40,0	48,0	41,0	36,0	38,0
Sauerstoff .	18,0	17,0	20,6	17,6	15,4	16,3
Kieselerde .	27,0	28,9	22,0	30,4	31,2	24,4
Thonerde .	12,0	11,0	8,4	11,0	14,4	18,3
Kalkerde .	1,0	—	—	—	2,0	1,0
Talkerde .	—	3,0	1,0	—	1,0	2,0
	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0

Mit diesen Sphärosideriten gattirt man rothen Glaskopf von Lancashire und Cumberland, wodurch man einen mittleren Eisengehalt der Gattirung von ungefähr 50 Proc. erhält.

In gleichem Maße, wie durch das reichliche Vorkommen vorzüglichen Eisenerzes, sind die Südwaleser Eisenhütten durch gute Steinkohlen begünstigt. Das hier in Abbau stehende Steinkohlenbecken nimmt über 5 geogr. Quadratmeilen ein. Die Kohlen sind meist Backkohlen, welche an einigen Stellen in eine anthracitartige Kohle übergehen. Bei der Verkohkung in Haufen geben dieselben etwa 70 Proc. Kohks. Bei einer sorgfältigeren Verkohkung würde die Ausbeute eine beträchtlich größere seyn. Allein der Ueberfluß des Materials ersetzt hier die mangelnde Oekonomie.

Das gewonnene Roheisen wird in 6 verschiedene Arten sortirt in den Handel gebracht, nämlich als 1) Pig Nro. 1, auch crude iron oder found genannt, das an Kohlenstoff reichste Eisen; grobkörnig und dunkelgrau, auf dem Bruche oft krystallinisch blättrig. 2) Pig Nro. 2 oder good melting iron, weniger dunkelgrau und dabei feinkörniger, dichter und härter, dient vorzüglich zum Gießen von Maschinentheilen. 3) Pig Nro. 3 oder gray iron, feinkörniger und heller grau als das vorige; zugleich härter, aber etwas spröder (von geringerer relativer Festigkeit). 4) Gray pig, ein lichtgraues

feinkörniges Roheisen, noch härter als das vorige, und meist zur Stabeisenfabrikation, wegen seiner größeren Elasticität auch zum Gießen von Brückenbögen u. s. w. benutzt. 5) Motled iron, ein ziemlich feinkörniges, halbirtes Roheisen, ausschließlich zur Stabeisenfabrikation dienend. 6) White forge, weißes Roheisen, ebenfalls nur zur Erzeugung von weißem Roheisen angewendet. Kaum nöthig ist es zu bemerken, daß diese Eisensorten durch ihre Eigenschaften nicht scharf von einander getrennt sind, und daß nicht selten Sorten vorkommen, bei denen es schwierig zu bestimmen ist, in welche Klasse dieselben gehören.

Zur Erzeugung von 1 Tonne Roheisen sind in Südwales durchschnittlich etwa $2^1/_2$—3 Tonnen Steinkohle, 3 Tonnen ungeröstetes Erz und 1 Tonne Kalkstein erforderlich. Nimmt man eine Kohksausbeute von 70 Proc. an, so ergiebt sich hiernach ein relativer Kohksverbrauch von 1,75 — 2,1. Die Größe der wöchentlichen Roheisenproduktion, welche zwischen 55 und 100 Tonnen (1100—2000 Ctr.) wechselt, läßt sich durchschnittlich zu 90 Tonnen (1800 Ctr.) annehmen. Die tägliche Produktion ist mithin ungefähr = 250 Ctr. Bei den oben gedachten 3 großen Oefen der Plymouth-Werke ist sie 350 Ctr.

Einige Anthracit-Hohöfen in England und Nord-Amerika. Hierher gehören zunächst einige Hohöfen in Südwales, welche mit den dort vorkommenden mageren, anthracitartigen Steinkohlen betrieben werden, die nur 8 — 10 Proc. flüchtiger Bestandtheile zu enthalten pflegen. Solche Steinkohlen geben einen sehr dichten und dabei bröckeligen Kohks und erfordern daher, um den nöthigen Hitzgrad zu erzeugen, entweder eine stark erhitzte oder eine stark gepreßte Gebläseluft. Auf dem Südwaleser Eisenwerke Yniscedwin verbraucht man bei Anwendung von heißem Winde zur Darstellung von 1 Tonne Roheisen 1,35 Tonne Anthracit. Die Anthracit-Hohöfen der Hütte Ystalyfera bei Swansea (Herrn Palmer Budd gehörig) werden mit kaltem Winde von $7^1/_2$ Z. Quecks. Pressung betrieben, und zwar unter Anwendung 4—6 Formen. Bei 6 Formen liegen 2 hinten und 2 auf jeder Seite; bei 5 Formen liegt an der Rückseite nur eine. Es sind Wasserformen, in welchen die Düsen genau schließen, so daß kein Wind zwischen beiden zurückschlagen kann (S. 38 u. 39). Die Düsen an der Rückseite haben $1^3/_4$ Z., die hinteren der an der Seite liegenden $1^1/_2$ Z., und die vorderen 1 Z. Durchmesser. — Im westlichen Pennsylvanien sind, nach Overmann*), mehr als 60 Anthracit-Hohöfen im Betriebe, deren Construktion gewöhnlich dadurch von der anderer Eisenhohöfen abzuweichen pflegt, daß sie selten so hoch wie die Kohks-Hohöfen, dagegen aber weiter als die Holzkohlen-Hohöfen zu seyn pflegen. Einer dieser Oefen, zu Reading, ist $36^1/_2$ F. hoch, 6 F. an der Gicht, 14 F. im

Relativer Anthracitverb. = 1,35 — 1,86.

*) Manufacture of Iron, 2. edit., p. 179.

Kohlensack und 5 F. im Gestell weit. Sein Kohlensack bildet einen 5 F. hohen cylindrischen Raum, und der Rastwinkel beträgt 67—68°. Er wird mit 3 Formen betrieben, die 22 Z. über dem Heerdboden liegen. Ein anderer solcher Ofen, zu Phönixville, hat eine Höhe von 34 F. Sein 6 F. hohes, im Querschnitt quadratisches Gestell hat an der Rast 5¼ F. und am Boden 4¼ F. Seite. Die Gicht hat einen Durchmesser von 8 F. und der Kohlensack von 14 F. Man verschmelzt in diesem Ofen braunen Glaskopf von vorzüglicher Beschaffenheit, und verbraucht zu 1 Tonne daraus producirtes Roheisen 1,83 — 1,89 Tonne Anthracit, 2,59 — 2,65 Tonne Erz und 1,14 – 1,15 Tonne Kalkstein. Der relative Verbrauch an Anthracit beläuft sich hiernach auf durchschnittlich 1,86. Die durchschnittliche wöchentliche Produktion der Pennsylvanischen Anthracit-Hohöfen beträgt, nach Overmann, 75—80 Tonnen (1500—1600 Ctr.), also die tägliche etwa 220—230 Ctr.

Rel. Steinkohlenverb. = 3,5.

Die Schottischen Steinkohlen-Hohöfen*). In ganz Schottland bedient man sich der rohen Steinkohlen zum Eisenhohofenbetrieb. Früher wendete man auf einigen Hüttenwerken ein Gemenge von gleichen Theilen Steinkohlen und Kohks an; neuerlich hat man jedoch diese Art des Betriebes ganz aufgegeben. Die Steinkohlen sind durchaus nicht bituminös (nicht backend), also zu einer Anwendung im Hohofen ganz geeignet; die Erze zum Theil von ganz ähnlicher Art wie in Südwales. Steinkohlen, Erze und Zuschlag (Kalkstein) werden in Stücken von 8—12 Cub.-Z., erstere mitunter von noch größerem Volum, aufgegeben. Die Oefen sind 38 — 45 F. hoch und mit 2, 3, 4 bis 9 Formen versehen. Bei 6 Formen liegen 2 in der Rückwand, und je 2 an jeder Seite; bei 9 Formen findet man eine Vertheilung von 3, 3 und 3 statt. Auf eine solche Vertheilung des Windes legt man — gewiß mit Recht — viel Werth, und würde eine noch größere Anzahl von Formen anwenden, wenn die Schwierigkeit, alle diese Formen gehörig zu beaufsichtigen und in gutem Stand zu erhalten, hierbei nicht zu groß würde. Die Vertheilung der Gebläseluft durch eine größere Anzahl von Windausströmungs-Oeffnungen, welche in einer Ebene liegen — das Princip des Sefström'schen Ofens — bewirkt eine größere Concentration der Hitze in der Achsenlinie des Gestells, und in Folge davon einen erhöhten Schmelz-Effekt bei verhältnißmäßig geringerer, oder wenigstens gleichförmigerer Ausschmelzung der Ofenwände. Die Bauart der Schottischen Hohöfen macht diese ganz besonders zur Anbringung einer größeren Anzahl Formen geeignet. Während das Gestell bei vielen anderen Hohöfen, wie z. B. bei den Belgischen, aus starken Werkstücken einer schwierig zu bearbeitenden Gesteinsart (Kieselconglomerat) besteht, ist das der Schottischen Hohöfen aus feuerfesten Ziegelsteinen construirt, welche nicht allein eine solche Einrichtung, sondern

*) Valerius, Fabrication de la fonte, p. 601.

auch die nothwendigen Reparaturen derselben ohne erhebliche Schwierigkeit zulassen. Die Düsendurchmesser richten sich nach der Anzahl der Formen. Bei 6 Formen ist ihre Weite $2\frac{1}{2}$—$2\frac{3}{4}$ Z. Die Windpressung pflegt 4—5 Z. Quecks. zu betragen. Allgemein wird mit erhitztem Winde von wenigstens 300° C. (Schmelzpunkt des Bleies) geblasen. — Das größte Schottische Eisenhüttenwerk, die Cartsharry-Hütte (2 Deutsche Meilen von Glasgow), hat nicht weniger als 17 Hohöfen, welche alle mit roher Steinkohle betrieben werden. Die verschmolzenen Erze sind Sphärosiderite, welche im Steinkohlengebirge — und hier oft mitten in der Kohle — in sehr mächtigen Lagen vorkommen. Sie enthalten 30—40 Proc. Eisen und werden in langen Haufen von bedeutender Größe abgeröstet. Die Steinkohle, welche in Flötzen von 24—30 F. Mächtigkeit vorkommt, ist eine Sinterkohle. Man giebt sie oft in sehr großen Stücken, das Erz in noch größeren auf. Die ganz aus Ziegelsteinen construirten Hohöfen sind 45 F. hoch, haben einen Kohlensack-Durchmesser von 19 F., einen Gicht-Durchmesser von 9 F., einen oberen Gestell-Durchmesser von $5\frac{1}{2}$ F. und einen unteren Gestell-Durchmesser von $4\frac{1}{2}$ F. Der Rastwinkel beträgt 60°. Jeder Ofen ist mit 8 geschlossenen Formen versehen, welche einen Wind von der Temperatur des geschmolzenen Bleies unter einem Druck von 14 (?!) Z. Quecks.*) ausblasen. In 24 Stunden setzt man etwa 100 Gichten durch, und erhält 1 Ctr. Roheisen durchschnittlich aus $2\frac{1}{2}$ Ctr. Erz, 1 Ctr. Zuschlag und $3\frac{1}{2}$ Ctr. Steinkohle. Der relative Verbrauch an Steinkohlen ergiebt sich hiernach = 3,5. Die tägliche Produktion dieser Oefen beträgt 300—400 Ctr. graues Roheisen.

Die Steinkohlen-Hohöfen zu Dowlais in Südwales. Dieses Hüttenwerk (Sir John Guest gehörig) ist das größte in Wales und in England überhaupt. Es hat 18 Hohöfen nebst 100 Puddel- und 60 Schweißöfen. Einer dieser Oefen hat folgende Dimensionen in Preußischem Maße:

	F.	Z.	
Höhe des ganzen Schachtes	50 F.	$6\frac{1}{2}$ Z.	
» des Kohlensackes	9 »	$8\frac{1}{3}$ »	} 50 F. $6\frac{1}{2}$ Z.
» der Rast	12 »	$7\frac{1}{2}$ »	
» des Gestells	4 »	$10\frac{1}{4}$ »	
» des oberen Schachtes	23 »	$4\frac{5}{12}$ »	
Durchmesser der Gicht	11 »	8 »	
» des Kohlensackes	19 »	6 »	
» des Gestells (oben und unten)	4 »	$10\frac{1}{2}$ »	

Die 3 Formen, mit welchen der Ofen versehen ist, liegen 21, 22 und 23 Z. über dem Heerdboden, und liefern in der Minute 3500 Cub.-F. Wind. Die Windpressung beträgt 5 Z. Quecks. Man verschmelzt einen sehr reichen rothen

*) Nämlich 7 Pfund auf 1 Quadr.-Z. Bergwerksfreund Bd. 10, S. 30.

Glaskopf und Sphärosiderit, welche man mit Schweißofenschlacken und Kalkstein beschickt. Nur die Sphärosiderite werden geröstet. Die tägliche Produktion eines solchen Ofens beträgt gegen 430 Ctr., die wöchentliche also ungefähr 3000 Ctr.

3) Zweckmäßige Menge und Pressung, sowie Temperatur der Gebläseluft.

Menge und Pressung des Windes im Allgemeinen.

Betrachten wir zunächst die Menge und Pressung der Gebläseluft, und lassen wir die Temperatur derselben einstweilen unbeachtet. Bei unseren früheren Betrachtungen über die Compression, Geschwindigkeit und Menge der Gebläseluft (Bd. I., S. 453, 460 und 464) gelangten wir bereits zu dem Schlusse, daß gesteigerte Pressung des Windes und vermehrte Menge desselben zwei wichtige Mittel zur Temperatur-Erhöhung in einem Hohofen seyen, und folgerten daraus den Satz: durch eine geringere Menge stark gepreßten Windes kann in einem Hohofen dieselbe Temperatur erzeugt werden, wie durch eine größere Menge schwächer gepreßten Windes (Bd. I., S. 464). Zur richtigen Würdigung dieser Wahrheiten in Bezug auf den Eisenhohofen-Proceß mögen sich hier noch folgende Erläuterungen anreihen.

Die absolute Produktion (P) eines Eisenhohofens, d. h. die Gewichtsmenge des in einer gegebenen Zeit dargestellten Roheisens, ist — alle übrigen Umstände gleichgesetzt — abhängig von dem Volum (v) und der Temperatur (t) der Schmelzzone (Bd. I., Theorie des Schmelz-Effektes der erhitzten Gebläseluft, besonders S. 480 und 481); mit anderen Worten: die absolute Produktion P ist eine Funktion von v und t. Alles was auf Volum- und Temperatur-Zunahme der Schmelzzone hinwirkt, muß nothwendig auch die absolute Produktion erhöhen. Da nun gesteigerte Windpressung und vermehrte Windmenge sowohl die Temperatur als das Volum der Schmelzzone vergrößern, so können beide als Mittel zur Vergrößerung der absoluten Produktion in Anwendung gebracht werden. Allein es fragt sich: welches dieser Mittel das vortheilhafteste für den praktischen Eisenhüttenmann sey, dessen Streben darauf gerichtet seyn muß, eine gewisse absolute Produktion bei einem möglichst geringen relativen Brennmaterial-Verbrauch zu erzielen?

Stellen wir uns vor, zwei gleichconstruirte Hohöfen würden mit vollkommen gleicher Beschickung, gleichem relativen Brennmaterial-Quantum und gleicher Windmenge betrieben; der eine, A, aber mit einem beträchtlich schwächer comprimirten Wind als der andere, B. Solchenfalls wird, wie sich aus dem oben Angeführten ergiebt, der Ofen A eine geringere absolute Produktion haben, als der Ofen B. Bei letzterem kann daher eine entsprechende Menge

des relativen Brennmaterial-Zusatzes abgebrochen werden, bis dieser Ofen auf die gleiche Produktion von *A* zurückgeführt ist. Folglich hat beim Ofen *B* der stärker comprimirte Wind — bei gleicher absoluter Produktion beider Oefen — zu einem geringeren relativen Brennmaterialverbrauch als beim Ofen *A*, d. h. zu einer wirklichen Brennmaterial-Ersparung, geführt. Dieser Vorzug, welcher eine geringere Menge stärker gepreßten Windes vor einer größeren Menge schwächer gepreßten verdient, ist schon deswegen einleuchtend, weil erstere innerhalb einer gegebenen Zeit natürlich weniger Brennmaterial verzehrt, als die größere Menge der letzteren; denn der absolute Bennmaterialverbrauch in einem Hohofen ist großentheils abhängig von dem, während eines gewissen Zeitabschnittes durch den Schachtraum aufsteigenden Luft- (Sauerstoff-) Quantum.

Starke Windpress. führt zu Brennmaterial-Ersparung.

Die stark comprimirte Gebläseluft hat daher eine ähnliche brennmaterialsparende Wirkung wie die erhitzte Gebläseluft (Bd. I., S. 482), und es ergiebt sich aus dem Gesagten: daß es, hinsichtlich der Brennmaterial-Ersparung, im Allgemeinen vortheilhafter sey, sich eines möglichst stark gepreßten Windes beim Hohofenprocesse zu bedienen, als eine verhältnißmäßig größere Menge schwächer gepreßten Windes anzuwenden. Allein es ist hierbei nicht zu übersehen, daß es bei diesem Processe keineswegs ausschließlich auf den Schmelz- (Nutz-) Effekt des Brennmaterials ankommt, sondern daß auch die zur Bildung eines guten Roheisens nothwendige Vorbereitung des Erzes im Ofenschachte einer strengen Berücksichtigung bedarf. Bei jeder Verminderung des relativen Brennmaterial-Quantums aber vermindert sich auch die relative Menge der reducirenden und kohlenden Gase, welche jene Vorbereitung bewirken sollen; bei jeder Beschleunigung der Schmelzung — Vermehrung der absoluten Produktion — vermindert sich die Zeit, während welcher jene Gase auf das Erz einwirken können; und bei einer beträchtlichen Temperatur-Steigerung der Schmelzzone werden Stoffe wie Silicium, Phosphor, Aluminium, Calcium u. s. w. in erhöhter Menge reducirt und vom Roheisen aufgenommen. Die Anwendung gesteigerter Windmenge und Windpressung als produktionsvermehrende Mittel, oder letzterer als brennmaterialersparenden Mittels, finden daher in der Praxis ihre Grenzen. Man muß sich ihrer stets mit Vorsicht bedienen, wenn man die Qualität des zu producirenden Roheisens nicht außer Acht lassen will. Eine Befolgung bestimmter Regeln ist hierbei nicht möglich, da der Grad, bis zu welchem man jene Mittel mit Vortheil anwenden kann, sich nach der sehr variablen Beschaffenheit der Erze und Brennmaterialien richtet, und daher für jedes specielle Verhältniß erfahrungsmäßig festgestellt werden muß. Für den Fall, daß man vollkommen gutartige, leicht reducirbare Erze zu verschmelzen hat, ist die Grenze, bis zu welcher man sich der brennmaterialersparenden Wirkung eines stark gepreßten Windes

Grenze der Windpressung in der Praxis.

ohne erheblichen Nachtheil für die Qualität des Roheisens bedienen darf, nicht schwer zu finden. Man kann nämlich so lange gleichzeitig die Windpressung erhöhen und an Brennmaterial abbrechen, als sich dadurch noch die nothwendige absolute Produktion erzielen läßt. Letzteres wird aber nicht mehr zu ermöglichen seyn, wenn die reducirenden und kohlenden Gase, durch Verminderung des relativen Brennmaterial-Quantums, sich so vermindert haben, daß sich in der Kohlungszone ein so schwach gekohltes und dadurch so schwer schmelzbares Roheisen bildet, daß dessen erhöhter Schmelzpunkt die Schmelzung in stärkerem Grade verzögert, als sie durch erhöhte Temperatur des Schmelzraumes beschleunigt wird.

Temperatur des Windes im Allgemeinen.

Daß die **Temperatur der Gebläseluft** den entschiedensten Einfluß auf die absolute Produktion und den relativen Brennmaterialien-Verbrauch eines Hohofens ausübt, ist bereits früher ausführlich nachgewiesen und einer mathematischen Erörterung unterworfen worden (Bd. I., S. 477—485). Dieser Einfluß beruht ganz einfach darauf, daß durch eine Erhitzung der Gebläseluft — wenn alle übrigen wesentlichen Umstände beim Betriebe eines Hohofens unverändert bleiben — sowohl das Volum als die Temperatur der Schmelzzone vergrößert werden. Die erhitzte Gebläseluft führt auf direktem Wege demjenigen Theile des Hohofen-Inneren — der Schmelzzone — Wärme zu, bei welchem jede Temperaturzunahme unmittelbar beschleunigend auf den Schmelzproceß wirkt. Eine ungefähre Berechnung zeigt, daß sich durch diese naturgemäße Betrachtungsweise der ganze erfahrungsmäßige Schmelz-Effekt des heißen Windes erklären läßt, ohne daß man dabei zu der eben so unverbürgten als unwahrscheinlichen Annahme einer schnelleren Verzehrung des erhitzten Windes durch die Kohlen seine Zuflucht zu nehmen braucht *). Daß 2000°—2500° C. heiße Kohlen, wie sich deren im Schmelzraume eines Hohofens befinden, eine auf 200°—300° C. erhitzte Luft mit viel größerer Begier verzehren sollen, als Luft von gewöhnlicher Temperatur, erscheint als eine unmotivirte Vorstellung.

Erh. Temperatur des Windes führt zu Brennmaterial-Ersparung und Produktions-Vermehrung.

Man kann sich der erhitzten Gebläseluft entweder als eines ausschließlich produktionsvermehrenden oder als eines ausschließlich brennmaterialersparenden Mittels, oder endlich als beider Mittel zugleich bedienen (Bd. I., S. 485). Doch auch bei der Anwendung dieser Mittel werden dem praktischen Eisen-

*) Zu dieser Annahme ist man dadurch verführt worden, daß man bei Anwendung erhitzter Gebläseluft eine kleinere, aber stärker erhitzte Schmelzzone beobachtet zu haben **glaubt**, als bei Anwendung kalter. Ein solche Beobachtung — abgesehen von der Schwierigkeit derselben — dürfte man aber sicherlich nicht machen, wenn einem Hohofen erhitzte Gebläseluft in der Weise zugeführt würde, daß man hierbei sowohl in der **Beschickung** und dem relativen Brennmaterialzusatz, als in der — zuvor bei kalter Luft angewendeten — **Windmenge** und **Windpressung** durchaus **nichts veränderte**.

hüttenmanne ganz ähnliche Grenzen angewiesen, wie die zuvor bei der Menge und Compression der Gebläseluft gedachten. Bei der Produktionsvermehrung durch den erhitzten Wind kommt es ebenfalls in Betracht: 1) daß der beschleunigte Schmelzgang eine weniger gute Vorbereitung der Erze und weniger hohe Kohlung des reducirten Eisens gestattet, und 2) daß die erhöhte Temperatur im Schmelzraume eine größere Verunreinigung des Roheisens durch Silicium u. s. w. zur Folge hat. Bei der Brennmaterial-Ersparung aber ist zu berücksichtigen, daß eine relativ geringere Menge reducirender und kohlender Gase im Hohofenschachte entwickelt und dadurch ein verminderter Einfluß dieser Gase auf das Erz und das reducirte Eisen veranlaßt wird. Daher rührt es, daß das bei stark erhitzter Gebläseluft gewonnene Roheisen im Allgemeinen schlechtere Eigenschaften besitzt, als das bei weniger heißem oder kaltem Winde erblasene. Begreiflicherweise aber ist die Windtemperatur nicht das einzige maßgebende Moment hierbei, sondern die Beschaffenheit der Beschickung und des Brennmaterials spielt in diesem Falle eine eben so wichtige Rolle, wie bei der Anwendung der stark comprimirten Gebläseluft. Reine Erze und fehlerfreie Brennmaterialien gestatten die Anwendung eines weit stärker erhitzten Windes, als unreine Erze und schlechte Brennmaterialien; und zwar um so mehr, als man — durch zweckmäßige Kalkzuschläge — eine kieselerdereiche Schlacke und, in Folge davon, eine zu starke Siliciumbildung zu vermeiden sucht. Doch kann auch der Fall eintreten, daß es bei einer unreinen Beschickung — welche selbst bei kaltem Winde schlechtes Eisen liefert — Vortheil gewährt, Gebläseluft von hoher Temperatur (und starker Pressung) anzuwenden. Die Vermehrung der absoluten Produktion und die vielleicht gleichzeitig bewirkte Brennmaterial-Ersparung können solchenfalls ökonomischen Gewinn genug bieten, um die Erzeugung eines mehr oder weniger schlechten Eisens gleichgültig erscheinen zu lassen.

Qualität des heißerblasenen Roheisens.

Die Qualität des mittelst erhitzten Windes producirten Roheisens ist besonders abhängig 1) von der Temperatur des Windes, 2) von der Art und Menge des angewendeten Brennmaterials, 3) von der Beschaffenheit der Erze und Zuschläge, und zum Theil als Folge hiervon 4) von der Beschaffenheit der gebildeten Schlacke, besonders hinsichtlich des größeren oder geringeren Kieselerdegehaltes derselben. Wegen der großen Abweichungen, welchen diese bedingenden Momente auf verschiedenen Hüttenwerken unterworfen sind, kann das bei heißem Winde dargestellte Roheisen eine sehr verschiedene Beschaffenheit besitzen; und daher schreiben sich hauptsächlich die mitunter so sehr von einander abweichenden Urtheile über dieses Roheisen im Vergleich mit dem kalt erblasenen.

Wachler*) hat alle in Oberschlesien bis zum Jahre 1849 über die Be-

*) Berg- und hüttenm. Zeitung, Bd. 3, S. 304. — Wachler's Eisenerzeugung

schaffenheit des bei heißer Gebläseluft erblasenen Roheisens (sowie bei heißer Gebläseluft im Heerde gefrischten Stabeisens) gemachten Erfahrungen zusammengestellt, und dieselben mit den derartigen Erfahrungen anderer Metallurgen verglichen, in Bezug auf welche letztere ihm verschiedene frühere Aufsätze*) anderer Beobachter zum Anhalten dienten. Die große Mehrzahl der bis jetzt bekannt gewordenen Versuche und Mittheilungen Englischer Metallurgen hierüber kommen darin überein: daß das Englische Roh- und Stabeisen, bei heißer Gebläseluft erzeugt, hinsichtlich seiner relativen und absoluten Festigkeit sehr bedeutend schlechter sey, als das früher bei kaltem Winde dargestellte. Nach Porter (s. die unten citirte Abhandlung) liegen aber auch unverdächtige Zeugnisse Sachkundiger vor, nach welchen ein bemerkbarer ungünstiger Einfluß der erhitzten Gebläseluft auf die Beschaffenheit des Roheisens nicht stattgefunden hat. Diesem letzteren Urtheile schließt sich Wachler in Betreff vieler Oberschlesischen Roheisensorten an. Der Widerspruch, welcher in diesen sehr von einander abweichenden Aussagen liegt, verschwindet, wenn man die Betriebsverhältnisse der betreffenden Englischen und Deutschen Eisenhohöfen näher betrachtet. In England, namentlich aber in Schottland, hat man sich der produktionsvermehrenden und brennmaterialersparenden Wirkung der erhitzten und stark comprimirten Gebläseluft bis zu einem Grade bedient, welcher als ein gänzlich extremer zu bezeichnen ist. Man hat die Windtemperatur bis über 300° C., in mehreren Fällen sogar bis gegen 400° C. getrieben, und Windpressungen bis zu 8 Z. und 10 Z. Quecksilber angewendet. Daß unter solchen Verhältnissen selbst aus ganz gutartigen Beschickungen ein aus Silicium und Erdmetallen reiches und oftmals zugleich mit Graphit überladenes Roheisen erzeugt werden muß, kann nicht zweifelhaft erscheinen. Auch die betreffenden Eisenhüttenbesitzer werden dies kaum in Abrede stellen; allein dieselben finden einen zu überwiegenden Vortheil in der mit einem solchen Betriebe verknüpften außerordentlichen Ersparung an Arbeitslöhnen und Brennmaterial, als daß sie ihr System ändern sollten. Porter giebt an, daß die Brennmaterial-Ersparung in Schottland — im Vergleich zu dem

---

Oberschlesiens, Heft 3, S. 76. — Hartmann's Fortschritte der Eisenhüttenkunde, S. 639.

*) C. v. Mayrhofer, über das bei heißer Luft erblasene Roheisen, in Frankenstein's Industrie- und Gewerbeblatt, 1843, Nro. 62. — G. Tunner, über den Unterschied des Roheisens von heißer und kalter Luft u. s. w.; in Tunner's Jahrbuch Bd. 2, S. 77. — Urtheile Englischer Ingenieure über Englisches und Schottisches Roheisen; in Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 2, S. 845. — Porter, über die Fortschritte, den jetzigen Zustand und die wahrscheinliche Zukunft der Eisenfabrikation in Großbritannien; in Karstens Arch. Bd. 22, S. 691. — Bericht einer von der Engl. Regierung angeordneten Commission über das beim Eisenbahnwesen angewendete Eisen; in Dingler's polyt. Journ. Bd. 116, S. 120.

Brennmaterial-Verbrauch, wie derselbe vor dem Jahre 1840 stattfand — die fast unglaubliche Höhe von 72 Proc. erreicht haben soll. Dieser extreme Betrieb wird fortdauern, so lange das Englische — und in specie Schottische — Roheisen Absatzquellen genug findet. Zum Umschmelzen in Kupolo-Oefen und zur Anfertigung geringerer Gußwaaren angewendet, auf deren absolute und relative Festigkeit wenig ankommt, wird solches Eisen jedes andere stets vom Markte verdrängen. Allein die Zeit dürfte auch nicht mehr fern seyn, wo man in der Auswahl des zur Stabeisenfabrikation, zum Guß von Maschinentheilen u. s. w. bestimmten Roheisens vorsichtiger zu Werke gehen wird, als es früher oftmals der Fall gewesen ist. — Weit vorsichtiger als in England — allerdings zum Theil wohl durch gewisse lokale Verhältnisse dazu genöthigt — ist man in Oberschlesien mit der Anwendung jener produktionsvermehrenden und brennmaterialersparenden Mittel gewesen. Bei den Holzkohlen-Hohöfen hat man sich hier nie eines beträchtlich über 200° C. heißen Windes bedient, und bei den Kohks-Hohöfen hat man in der letzteren Zeit die erhitzte Gebläseluft meist nur periodenweise, wenn der Betriebszustand des Ofens dies nothwendig machte, angewendet, und selbst in diesem Falle von keiner höheren Temperatur als 80°—125° C. Unter solchen Umständen ist man durch langjährige Erfahrung zu der Ueberzeugung gelangt, wie sie Wachler namentlich in Bezug des Malaparer Werkes ausspricht, daß die Haltbarkeit des Roheisens seit der Erzeugung desselben bei heißem Winde keineswegs in einem merkbaren Grade abgenommen habe, obgleich man vielfache Gelegenheit hatte, diese Haltbarkeit bei der Verwendung dieses Eisens zu Maschinentheilen der verschiedensten Art zu prüfen.

Erhöhter Phosphorgehalt des heißerblasenen Roheisens.

Wrightson*) hat durch eine Reihe von Analysen zu ermitteln gesucht, in wie weit der Phosphorgehalt des Roheisens bei der Anwendung heißer Gebläseluft zunimmt. Er erhielt hierbei folgende Resultate:

Roheisen:	Phosphorgehalt in Procenten.						
kalt erblasen	0,47	0,41	0,31	0,20	0,21	0,03	0,36
heiß erblasen	0,51	0,55	0,50	0,71	0,54	0,07	0,40

Die Temperatur der hierbei angewendeten heißen Gebläseluft ist nicht näher angegeben. Jedenfalls aber tritt der Einfluß derselben auf den Phosphorgehalt des Roheisens sehr entschieden hervor. —

Die vorausgeschickten allgemeinen Betrachtungen werden genügen, um darzuthun, daß die Fragen: welches die zweckmäßigste Menge, die zweckmäßigste Pressung und die zweckmäßigste Temperatur der Gebläseluft für den Eisenhohofenbetrieb seyen? durchaus keiner allgemein gültigen Beantwortung fähig sind, sondern daß diese Beantwortung für jeden speciellen Fall erfah-

*) Philosophical Mag. Jan. 1850, S. 68. — Dingl. polyt. Journ. Bd. 116, S. 207. — Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9, S. 545.

rungsmäßig abgeleitet werden muß. Nichtsdestoweniger hat man versucht, über einige dieser Punkte empirische Regeln von umfassender Gültigkeit aufzustellen, welche in dem Folgenden Erwähnung finden sollen.

Specielle Regeln über d. Windmenge.

Was zuerst die Menge der innerhalb eines gegebenen Zeitraumes erforderlichen Gebläseluft betrifft, so machen Le Blanc und Walter dieselben von der Art des Brennmaterials und von der Querschnittsfläche des Kohlensackes abhängig. Nach ihnen beträgt die vortheilhafteste Windmenge — das Wind-Maximum — bei einem mit Holzkohlen betriebenen Hohofen für jeden Quadratfuß Rheinl. des Kohlensack-Querschnittes pr. Minute 30 — 37 Cub.-F. Rheinl. von atmosphärischer Dichtigkeit; bei Kohks-Hohöfen dagegen 26 — 30 Cub.-F. Bleibt man zuweit hinter diesem Wind-Maximum zurück, so wird, nach Le Blanc und Walter, die absolute Produktion des Hohofens geringer und der relative Brennmaterial-Verbrauch steigt; geht man dagegen über dasselbe hinaus, so tritt letzteres gleichfalls ein, ohne daß sich die absolute Produktion vermehrt.

Karsten stellt folgende Regeln hinsichtlich des Wind-Quantums auf. Es bedürfen:

			Wind pr. Minute.
1) Kohks-Hohöfen . .	40—50 F. hoch,	nie unter . . .	2000 Cub.-F.
2) Holzkohlen-Hohöfen	45 » »	ungefähr . . .	2000 »
3) Desgl.	35—40 » »	»	1000—2000 »
4) Desgl.	30 » »	»	800 »
5) Desgl.	25 » »	»	600 »
6) Desgl.	unter 25 » »	»	350—450 »

Hierbei ist zugleich anzunehmen, daß bei den verschiedenen Oefen die Schachthöhen in folgenden Verhältnissen zum Kohlensack-Durchmesser stehen.

	Kohlensack-Durchmesser.		Schachthöhe.
Oefen der 1sten Art	1	:	$3^1/_2$—4
» » 2ten »	1	:	4
» » 3ten »	1	:	$4^1/_2$
» » 4ten »	1	:	$4^1/_4$
» » 5ten und 6ten Art	1	:	4

Berechnet man hiernach das pr. Minute auf 1 Quadr.-F. Kohlensack-Querschnitt ungefähr erforderliche Wind-Quantum, so erhält man in allen diesen Fällen gegen 20 Cub.-F., eine Luftmenge, welche also bedeutend hinter der Vorschrift der genannten Französischen Metallurgen zurückbleibt. So viel ist jedoch ausgemacht, daß man, namentlich in Deutschland, viele Hohöfen finden kann, deren Betrieb sogar bei weniger als 20 Cub.-F. Wind pr. Minute sehr zufriedenstellende Resultate liefert. Der Grund hiervon ist wohl hauptsächlich der, daß jene Vorschrift nur die Menge der Gebläseluft

berücksichtigt, ohne die verschiedene Pressung derselben in Betracht zu ziehen. Die Le Blanc und Walter'schen Regeln dürften großentheils, wie wir später sehen werden, nur für schwächere Windpressungen richtig seyn.

v. Mayrhofer*) macht die Windmenge, welche ein Hohofen pr. Minute auf jeden Quadratfuß des Kohlensack-Querschnittes bedarf, von dem Durchmesser des Kohlensackes abhängig. Die folgende Tabelle enthält die näheren Angaben hierüber.

Durchmesser des Kohlensackes in Fußen.	Erforderliche Windmenge auf jeden Quadratfuß des Kohlensack-Querschnittes, in Quadratfußen.
$5^1/_2$ — 6	32
6 — $6^1/_2$	30
$6^1/_2$ — 7	29
7 — $7^3/_4$	28
$7^3/_4$ — 9	27
9 — $10^1/_4$	26
$10^1/_4$ — $11^3/_4$	25
$11^3/_4$ — $14^1/_2$	24
$14^1/_2$ — $17^1/_4$	23
$17^1/_4$	22

Daß ein Hohofen mit größerem Kohlensack-Durchmesser stets verhältnißmäßig weniger Wind gebrauchen soll, als ein Ofen mit engerem Kohlensacke, dürfte sich wohl nicht als absolut nothwendig herausstellen.

Leichte Bestimmungsart der ungefähr nöthigen Windmenge.

Bei der Anlage eines Eisenhohofens, welcher eine, hinsichtlich ihres Verhaltens beim Verschmelzen im Großen, noch unbekannte Beschickung verarbeiten soll, läßt sich nie zuvor mit Sicherheit bestimmen, welche Windmenge für diesen speciellen Fall die vortheilhafteste seyn wird. Richtet man jedoch das Gebläse so ein, daß dasselbe, bei einer mittelstarken Pressung (2 — 3 Z. Quecksilber) und gewöhnlicher Düsenweite, in der Minute so viel Wind von atmosphärischer Dichtigkeit zu liefern vermag, als ungefähr der Inhalt des ganzen Hohofenschachtes beträgt, so kann man sicher seyn, eine in den meisten Fällen mehr als hinreichende Windmenge zur Disposition zu haben. Die Bestimmung des vortheilhaftesten Windquantums bleibt alsdann einer Reihe von Versuchen überlassen.

Beispiele von Windmengen.

Beispiele von Windmengen, wie dieselben bei den Holzkohlen- und Kohks-Hohöfen verschiedener Hüttenwerke angewendet werden, sind schon im vorhergehenden Abschnitte (Zweckmäßige Menge des Brennmaterials) gegeben worden. Man sehe in dieser Beziehung besonders die Holzkohlen-Hohöfen von

*) Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 2, S. 720.

Lauchhammer, Ilsenburg, Rothe Hütte, Mägdesprung, Ludwigshütte, sowie die Schwedischen Holzkohlen-Hohöfen; ferner die Belgischen Kohks-Hohöfen, sowie die von Königshütte, Marienhütte, Maubeuge und Wales.

Die Pressung der Gebläseluft muß sich unzweifelhaft zum Theil nach der mehr oder minder dichten Beschaffenheit des Brennmaterials richten, allein es ist nicht zu billigen, dieselbe gänzlich hiervon abhängig zu machen.

Specielle Regeln über die Windpressung.

Le Blanc und Walter geben folgende Regeln in Betreff der Windpressung:

	Brennmaterial.	Windpressung.
1)	Für Kohlen von sehr weichem Holz, wie Pappeln ꝛc.	$^2/_3$ — 1 Z. Quecks.
2)	» Kohlen von Fichten- und Tannenholz . . .	1 — $1^1/_2$ »
3)	» Kohlen von hartem Holz	$1^1/_2$ — $2^1/_2$ »
4)	» leichte Kohks	3 — 5 »
5)	» dichte Kohks	5 — $7^1/_2$ »

Diese Windpressungen mögen die angemessenen seyn, sobald man sich jenes von Le Blanc und Walter aufgestellten Wind-Maximums bedient. Aus oben angegebenen Gründen erhellt es aber, daß es in vielen Fällen ökonomischen Vortheil gewährt, eine stärker comprimirte Gebläseluft bei Verminderung jener Windmenge anzuwenden.

Beispiele von Windpressungen.

Aus dem vorhergehenden Abschnitte lassen sich verschiedene Beispiele für die bei einigen Hohöfen für zweckmäßig befundenen und angewendeten Windpressungen — in Verbindung mit den darauf bezüglichen Windmengen — entnehmen. Bei mehreren Russischen Hohöfen, welche meist nur mit Nadelholzkohlen betrieben werden, bedient man sich mit entschiedenem Vortheile einer (kalten) Gebläseluft von 2,5 — 3,5 Z. Quecksilber Pressung. Die höchste Windpressung, welche bisher wohl bei irgend einem Holzkohlen-Hohofen in Anwendung gebracht seyn dürfte, ist die des Ofens zu Lauchhammer. Sie beträgt (bei Nadelholzkohlen und 140° C. heißer Gebläseluft) nicht weniger als 7 Z. Quecksilber. Die ökonomisch vortheilhafte Wirkung dieser außerordentlich hohen Compression giebt sich dadurch kund, daß man die zu 33,5 Proc. ausgebrachten Erze mit einem relativen Brennmaterial-Quantum von nur etwa 0,9 verschmelzt, und dabei eine tägliche Produktion von 90 Ctr. erreicht, welche in Bezug auf die Beschaffenheit der Erze und die Dimensionen des Hohofens eine beträchtliche zu nennen ist. — Ferner ist auf mehrere, in jenem Abschnitte angeführte Kohks-Hohöfen aufmerksam zu machen, bei welchen hohe Windpressungen mit Vortheil angewendet werden; so z. B. bei den Belgischen Hohöfen 7 — 8,5 Z. Quecksilber, bei den Oberschlesischen Hohöfen bis 6,5 Z., beim Hohofen zu Maubeuge 5,7 — 7,6 Z., und bei einigen Englischen Kohks- und Anthracit-Hohöfen 5 — 6 — 7 Z. Wie bereits oben erwähnt, sollen bei letzteren noch höhere Windpressungen — bis zu 9 und 10 Z. Quecksilber und darüber — vorkommen, welchen extremen Fällen hier jedoch keineswegs das Wort geredet werden soll.

Vorsicht bei starken Windpressungen.

Wenn man sich hoher Windpressungen bedient, oder wenn man sich entschließt, solche versuchsweise in Anwendung zu bringen, muß man dafür Sorge tragen, daß der in das Gestell geblasene Wind keine Gelegenheit findet, zwischen Form und Düse theilweise wieder aus dem Ofen zu entweichen (S. 38 u. 39). Die Verabsäumung dieser sehr einfachen Vorschrift ist der Grund zu so manchen ungünstigen Urtheilen über die Wirkung der stark gepreßten Gebläseluft.

Specielle Regeln über die Windtemperatur

Die Temperatur der Gebläseluft läßt, in Bezug auf ihren vortheilhaftesten Grad, durchaus keine allgemein gültigen empirischen Regeln zu. Während manche Beschickungen eine bis zu 300° C. erhitzte Gebläseluft zu vertragen scheinen, ohne ein für den merkantilischen Absatz unbrauchbares Eisen zu liefern, gestatten andere Beschickungen kaum die Anwendung eines 100° C. warmen Windes. Gußroheisen verträgt, aus nahe liegenden Gründen, gewöhnlich eine weit stärker erhitzte Gebläseluft, als das zur Stabeisenfabrikation bestimmte Roheisen. Bemerkenswerth in dieser Hinsicht dürfte es beispielsweise seyn, daß die größtentheils auf Gewinnung von Frisch-Roheisen betriebenen Belgischen Hohöfen fast ganz von der Anwendung der erhitzten Gebläseluft zurückgekommen sind; und daß auch viele Oberschlesische Hohöfen, obgleich sie zum Theil Guß-Roheisen erzeugen, sich des heißen Windes nur sehr vorsichtig und in eingeschränktem Maße bedienen. Daß hieraus jedoch keine feste Vorschrift zu entnehmen sey, geht aus dem, zuvor über die Anwendung der erhitzten Gebläseluft im Allgemeinen Gesagten deutlich genug hervor.

4) Hüttenmännischer Betrieb des Roheisen-Schmelzprocesses.

Der hüttenmännische Betrieb eines Hohofens besteht in einer Reihe mechanischer Arbeiten, welche durch chemische physikalische Grundsätze bedingt sind, und deren specielle Leitung durch einen Betriebs-Officianten geschieht, welcher sowohl mit diesen Grundsätzen als mit jenen Arbeiten vertraut seyn muß. Eine ausführliche Beschreibung der letzteren — die zugleich eine Beschreibung aller hierbei angewendeten Gezähe, Geräthschaften u. s. w. in sich schließt — ist nicht Gegenstand der Metallurgie, sondern der Hüttenkunde. Unser Zweck bringt es hauptsächlich nur mit sich, die Motivirung dieser Arbeiten darzulegen, während wir die Ausführung derselben nur insoweit zu betrachten haben, als es jener Zweck erfordert.

a) Mechanische Arbeiten zur Wartung des Hohofens vor und während der Schmelz-Campagne.

Unter Schmelz-Campagne eines Hohofens versteht man die Zeit, während welcher ein solcher Ofen, abgesehen von vorübergehenden Betriebs-

störungen, unausgesetzt im Betriebe gestanden hat. Dem eigentlichen Beginn der Schmelz-Campagne, dem Anlassen des Hohofens, geht das Austrocknen und Abwärmen desselben vorher. Am Schlusse der Schmelz-Campagne, welcher durch nothwendige Reparaturen oder gänzlichen Neubau des Ofens bedingt wird, schreitet man zum sogenannten Ausblasen.

α) Austrocknen und Abwärmen eines Hohofens.

Um die gehörige Trockenheit der Ofenwände eines neugebauten oder reparirten Schmelzofens herbeizuführen, darf man nicht zu schnell wirkende Mittel anwenden, weil man sonst ein Reißen der neuen oder reparirten Mauertheile zu befürchten hat. Ein fertig gebauter neuer Hohofen bedarf einer Zeit von wenigstens 2—3 Wochen, um den gehörigen Grad der Lufttrockenheit zu erlangen, und erst alsdann ist es rathsam, mit der eigentlichen Austrocknung, mittelst Hülfe von Brennmaterial, zu beginnen. Die Austrocknung der äußeren Mauern kann durch kleine Oefen geschehen, welche man so aufmauert, daß einige der im Gemäuer angebrachten Luftkanäle, Abzüchte, hierbei als Schornsteine dienen; die Austrocknung der inneren Ofenwände dagegen geschieht am besten zuerst durch ein vor, später durch ein unter dem Tümpel angebrachtes Feuer, wobei man alle diesem zunächst liegenden Theile der inneren Mauern durch lose aufgesetzte Ziegelsteine vor zu schneller Erwärmung bewahrt. Zu gleicher Zeit werden die Formöffnungen vermauert, damit der heiße Luftstrom nicht hier seinen Ausweg sucht, sondern gezwungen ist, zur Gicht aufzusteigen, welche man zuvor so mit eisernen Platten bedeckt hat, daß nur geringe Oeffnungen zum Entweichen der Dämpfe und des Rauches bleiben. Auch dies geschieht aus Vorsicht, um anfangs zu schnellen Luftzug und zu hastige Austrocknung zu verhüten.

Austrocknung eines Hohofens.

Abwärmung eines Hohofens.

Nach beendigter Austrocknung eines Hohofens folgt nun erst das Abwärmen. Bei der ersteren hat noch kein Theil desselben auch nur eine schwache Glühhitze erhalten; es ist daher nothwendig, daß man die Temperatur allmälig bis zu dem Grade steigere, bei welchem die reducirende Schmelzung der Erze ihren Anfang nehmen kann. Zu dem Ende nimmt man die eisernen Platten von der Gicht, bringt Holzstücke, trockne Zweige und dergleichen leicht entzündbares Brennmaterial in den Heerd, und füllt das Gestell, durch Aufschütten von der Gicht aus, voll Kohlen. Bricht die Flamme durch diese Kohlenschicht, so schüttet man so viel Kohlen nach, daß dieselben etwa das untere Drittel der Rast bedecken. Jetzt wird der Raum zwischen Tümpel und Bodenstein, bis auf eine kleine Zugöffnung, zugemauert. Der Wallstein ist, während aller dieser Arbeiten, noch nicht an seinen Platz gelegt worden. Zeigt sich die Flamme abermals über der zuletzt aufgeschütteten Kohlengicht, so werden 1 Elle hoch Kohlen nachgegeben, und so fort, bis der Schachtraum bis in den Kohlensack mit Brennmaterial gefüllt ist. Ist der Ofen ganz

neu, so schüttet man, sobald sich die Flamme wieder blicken läßt, den noch übrig gebliebenen Raum erst bis zur Hälfte, und dann ganz voll; ist derselbe dagegen nur einer Reparation unterworfen gewesen, so kann man den Schacht sogleich füllen. Die verbrannten Kohlen werden von Zeit zu Zeit durch neue ersetzt, welche man in die Gicht schüttet, sobald das Niveau der Kohlen hierselbst ein Paar oder einige Fuß gesunken ist. Einen Tag um den anderen wird die Heerdvermauerung, welche nur aus Steinen und nassem Sande aufgeführt wurde, weggenommen, eine starke Eisenstange in horizontaler Richtung dicht unter dem Tümpelstein befestigt, und andere Eisenstangen werden zwischen der ersteren und dem Tümpel so in den Ofen geschoben, daß sie eine Art von Rost bilden. Man ist nun im Stande, die im Heerde befindliche Aschenmasse wegzuräumen, ohne daß die noch unverbrannten Kohlen aus dem Schachte nachrollen. Ist die Reinigung geschehen und dadurch wieder ein besserer Luftzug hergestellt, so wird die Mauer wieder vor den Heerd gesetzt. Das auf diese Art ausgeführte Abwärmen eines neuen Hohofens dauert 4 — 5 Wochen, das eines mit neuem Kernschachte (Futterschachte) versehenen nur etwa 1 — 2 Wochen.

Andere Methode des Abwärmens.

Anstatt dieser Abwärmmethode kann man sich auch einer anderen, besonders in Frankreich gebräuchlichen bedienen, welche darin besteht, daß man einen förmlichen Flammofen unter dem Gewölbe der Arbeitsseite aufführt, dessen Fuchs in den Heerd mündet. Die Gicht wird hierbei theilweise bedeckt gehalten. Hat man das mit Hülfe des Flammofens zu erreichende Maximum der Abwärmung hervorgebracht, so wird der Ofen erst zur Hälfte und dann ganz mit Kohlen gefüllt. Diese Methode, obgleich sie nicht minder kostbar ist, als die erstbeschriebene, hat den Vorzug, daß man die Temperatur im Inneren des Schachtraumes besser dirigiren kann, weshalb bei derselben nicht so oft Beschädigungen des Schachtgemäuers durch Sprünge vorkommen sollen.

β) Anlassen und Betrieb eines Hohofens.

Die letzte Operation beim Abwärmen bestand darin, daß der Schachtraum bis zur Gicht mit Kohlen gefüllt wurde, während der Heerd immer noch bis auf eine Zugöffnung vermauert, der Wallstein noch nicht eingesetzt und das Gebläse noch nicht im Gange war. Sobald nun das Niveau des Brennmaterials einige wenige Fuß unter die Gichtoberfläche gesunken ist, beginnt man mit dem Aufgeben der Erzgichten, und zwar zuerst mit den sogenannten stillen Gichten.

Erzgichten.

Unter Erzgicht versteht man eine Lage Erz, wie sie in die Gicht des Hohofens geschüttet wird, um beim allmäligen Sinken der Beschickungssäule nach und nach den reducirenden Schmelzproceß zu durchlaufen. Je zwei Erzgichten werden durch eine Schicht Kohlen (Kohlengicht) von einander ge-

trennt. Eine Kohlen- oder Kohksgicht und eine Erzgicht werden stets zu gleicher Zeit aufgegeben, das Brennmaterial in der Regel zu unterst und das Erz oben darauf, um unnützen Verbrand des ersteren zu verhüten. Nur bei schweren Kohks und leichtverstäubenden Erzen macht man es umgekehrt. Stille Gichten nennt man diejenigen, welche ohne Beihülfe des Gebläses, also nur durch die langsamere, vom Zug bewirkte Verzehrung des Brennmaterials niedergehen. Sie enthalten natürlicher Weise nur ein sehr geringes Erzquantum, mit welchem man etwas steigt, sobald die erste stille Gicht den Heerd erreicht. Alsdann wird nämlich der Heerd, während der Anbringung jenes sogenannten Rostes, wieder gereinigt, eine 3 — 4 Z. starke Schicht Kohlenstaub auf den Heerdboden geworfen, Wallstein und Tümpelblech werden eingesetzt und das Gebläse wird angelassen, allein nur etwa mit der halben Pressung. Sobald man die Eisenstangen, welche den Rost bildeten, wieder weggezogen hat und die Beschickungssäule nachgerollt ist, zieht man einen Theil des Brennmaterials in den Vorheerd, wirft einige Schaufeln Kohlenstaub (Lösche) darüber und bedeckt nun die schon hierdurch geschlossene Oeffnung zwischen Tümpelstein und Wallstein noch mit feuchtem Thon, welcher bald erhärtet und ein besseres Zusammenhalten der Wärme im Heerdraume bewirkt. Auf Letzteres kommt sehr viel an, weil sonst das erste flüssige Roheisen, welches in den Heerd gelangt, leicht auf der Sohle desselben erstarrt und zum Anwachsen von festen Eisenmassen Veranlassung giebt, welche oft kaum mit großer Mühe und ohne den Heerd zu beschädigen weggeschafft werden können. Jene Schicht Kohlenstaub, welche auf dem Heerdboden ausgebreitet wurde, verhindert dann wenigstens das zu feste Ansetzen dieser erstarrten Massen (Sauen). Alle 2 — 3 Stunden muß der erhärtete Thonbewurf weggeschafft und vermittelst langer eiserner Stangen im Heerde gearbeitet werden, um Verstopfungen zu verhüten und die meist noch zähe Schlacke aus dem Vorheerde zu schaffen. Bei diesen Arbeiten darf das Gebläse nicht abgestellt werden. Hat sich der Heerd endlich mit flüssiger Schlacke gefüllt, so wird diese durch den Stich abgelassen. Es dauert gewöhnlich 12 bis 16 Stunden nach dem Anlassen des Gebläses, bis sich eine zum Ausschlagen (Abzapfen) hinreichende Quantität Roheisen angesammelt hat. Das zuerst gewonnene Eisen hat natürlich noch nicht die richtige Beschaffenheit, sondern ist in der Regel ein weißes, kohlenstoffarmes Roheisen.

Steigerung des Satzes.

Allmälig steigt man nun mit dem Verhältnisse des Erzes zum Brennmaterial und mit der Pressung des Windes, bis der gewünschte normale Gang des Schmelzens erreicht ist. Dieses Steigern »des Satzes« oder »der Sätze« erfordert viel Vorsicht und Erfahrung. Zu rasches Steigern kann den Ofen in eine schlimme Unordnung bringen, und zu langsames kostet unnützen Brennmaterial-Aufwand. Wer nicht hinreichende Erfahrung besitzt, thut am klügsten, dem letzten dieser beiden Uebel den Vorzug zu geben. Walter und

Le Blanc führen in ihrem bereits citirten Werke folgendes, auf Erfahrung begründetes Schema über die allmälige Steigerung der Sätze an. Die ganze Zeit der Steigerung ist hier in 6 Perioden getheilt.

1ste Periode:	1 Gwthl. Kohlen od. Kohks,					$1/6$ Gwthl. Erz,		$1/9$ Gwthl. Zuschlag.		
2te	»	1	»	»	»	» $1/5$	»	» $3/25$	»	»
3te	»	1	»	»	»	» $1/4$	»	» $1/8$	»	»
4te	»	1	»	»	»	» $1/3$	»	» $1/9$	»	»
5te	»	1	»	»	»	» $1/2$	»	» $1/6$	»	»
6te	»	1	»	»	»	» $2/3$	»	» $2/9$	»	»

In den ersten 3 Perioden supplirt man $1/3$ bis $1/4$ des Zuschlages durch Hohofenschlacke von früheren Schmelzungen. Von der 3ten Periode an wird dieser Schlackenzusatz vermindert und endlich ganz weggelassen. Es kann zuweilen, von dem Beginne der stillen Gichten an gerechnet, 3 — 4 Wochen dauern, bis man das Ende der 6ten Periode erreicht hat und nun zu einem Satze schreiten kann, wie er dem normalen Gange des Ofens zukommt. Das angegebene Schema kann begreiflicher Weise mancherlei Abänderungen erleiden, je nachdem lokale Umstände hierbei wirksam sind. Dasselbe ist auch wohl kaum aufgestellt worden, um eine genaue Vorschrift, sondern nur um einen Maßstab für die beim Anblasen eines Hohofens nothwendige Vorsicht zu ertheilen.

Kohlengichten u. Kohksgicht.

So veränderlich die Erzgichten bei dieser Steigerung der Sätze ausfallen, so unveränderlich sind die Kohlengichten. Man wählt nämlich, gleich vom Beginne der stillen Gichten an, diejenige Quantität Brennmaterial (Kohlen oder Kohks) zu einer Gicht, welche auch später, beim erreichten normalen Gange des Hohofens, beibehalten werden soll. Die Größe einer solchen constanten Kohlen- und Kohksgicht ist 1) von der Höhe der Oefen, also auch von ihrer Weite im Kohlensack, 2) von der Beschaffenheit der Erze und 3) von der der Brennmaterialien abhängig. Ein Hohofen, welcher einen großen Kohlensack-Durchmesser besitzt, muß verhältnißmäßig große Kohlen- oder Kohksgichten erhalten, damit dieselben, wenn sie in den weiten Kohlensack gelangen, nicht zu dünn werden und die darüber liegende Erzgicht theilweise durchrollen lassen.

Strenge Erze erfordern stärkere Brennmaterial-Gichten als leichte, und von dichten Kohks wendet man, wie es sich von selbst versteht, Gichten von geringerem Volumen an, als von porösen Holzkohlen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß große Kohlen- und Kohks-Gichten — wegen des dadurch veranlaßten tieferen Niederrückens der Schmelzsäule bis zum Aufgeben einer neuen Gicht — den oberen Theil des Ofenschachtes verhältnißmäßig abkühlen.

Le Blanc und Walter geben über die Größe der Kohlengichten in ihrem bekannten Werke folgende Vorschriften.

Größe der Kohlen- und Kohksgichten.

Bei Holzkohlen-Hohöfen von 22—26 F. Höhe, die eine leichtflüssige Beschickung verschmelzen, sind Kohlengichten von 10—11 Cub.-F. hinreichend; bei strengflüssigen Erzen nimmt man Kohlengichten von 15—16 Cub.-F.

Oefen von 29—32 F. Höhe erfordern bei sehr leichtflüssigen Erzen Gichten von 20—23 Cub.-F.; bei Erzen von mittlerer Schmelzbarkeit Gichten von 26—29 Cub.-F.; bei strengflüssigen Erzen $32^1/_2$—39 Cub.-F.

Oefen von 38 F. Höhe, bei Erzen von mittlerer Strengflüssigkeit 49—52 Cub.-F.; bei strengflüssigen Erzen 65—$71^1/_2$ Cub.-F.

Bei den Kohks-Hohöfen sind die Gichten, wegen des schwer entzündlichen Brennmaterials, und weil sie, ehe sie in den Kohlensack gelangen, weniger an Volum abnehmen, verhältnißmäßig kleiner.

In Oefen von 38 F. Höhe giebt man 17—$19^1/_2$ Cub.-F., je nach der Beschaffenheit der Erze; in Oefen von 44—47 F. Höhe 24—29 Cub.-F. und in solchen von 47—51 F. Höhe $32^1/_2$—39 Cub.-F. Kohks auf.

Diese Vorschriften lassen sich, übersichtlicher und in abgerundeten Zahlen, ungefähr folgendermaßen zusammenfassen.

Bei Holzkohlen-Hohöfen von etwa

	Größe einer Gicht des Brennmaterials:
25 F. Höhe . . .	10—15 Cub.-F.
30 » » . . .	20—40 »
40 » » . . .	50—70 »

Bei Kohks-Hohöfen von etwa

40 F. Höhe . . .	circa 20 Cub.-F.
45 » » . . .	» 25 »
50 » » . . .	» 35 »

Le Blanc und Walter bemerken hierbei, daß jene allgemeinen Angaben in jedem besonderen Falle, nach der erlangten Erfahrung, verschieden seyen; daß diese Verschiedenheiten selbst sehr bedeutend seyn können, ohne daß hierbei eine merkliche Verschlechterung des Ofenganges eintritt oder merkliche Unterschiede in dem relativen Brennmaterial-Verbrauch dadurch veranlaßt werden. Dies ist vollkommen wahr. Fast über nichts sind die Angaben der Eisenhüttenleute verschiedener als über die zweckmäßige Größe der Brennmaterial-Gichten.

Karsten schreibt bei 30—40 F. hohen, 6—8 F. im Kohlensack weiten Holzkohlen-Hohöfen Kohlengichten von 28—30 Cub.-F. vor; bei guten und festen Holzkohlen und bei locker liegenden Erzen sogar nur von 15—20 Cub.-F. Kohks-Hohöfen von 40 F. Höhe und 10—12 F. Kohlensackweite erfordern, nach demselben, Kohksgichten von 12 Cub.-F., größere Oefen höchstens von 20 Cub.-F. Diese Angaben weichen sehr beträchtlich von denen Le Blanc's und Walter's ab, indem sie bedeutend geringer als diese sind. Zum Theil mag dies mit der sehr beträchtlichen Windmenge

zusammenhängen, welche die Französischen Metallurgen zu einem guten Betriebe für nothwendig erachten.

v. Mayrhofer*) schreibt das Volum der Kohlengichten in der Weise vor, daß, wenn man sich eine solche auf einer dem Kohlensack-Querschnitt gleichen Grundfläche ausgebreitet denkt, ihre Höhe $3\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2}$ Z., bei den weichsten Holzkohlen höchstens 5 Zoll betragen muß. Für Kohksgichten setzt er dieses Maximum auf 4 Z.

Beispiele von der Größe der Kohlen- und Kohksgichten.

In Schweden und Norwegen pflegt man sich bei 30 F. hohen Holzkohlen-Hohöfen Kohlengichten von 50 Cub.-F. zu bedienen; und am Ural sind Kohlengichten von 80 Cub.-F. bei 40 F. hohen Schächten nicht ungewöhnlich. In dem 30 F. hohen und 7 F. (im Kohlensack) weiten Hohofen von Malapane wendet man Kohlengichten von nur 16 Cub.-F. an; in den beiden 30 F. und 34 F. hohen Oefen von Neunkirchen (S. 130) von 25 Cub.-F. Man sehe ferner die verschiedenen Beispiele, welche hierüber im zweiten Abschnitte (Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials) bereits angeführt wurden, namentlich bei den Hohöfen von Ilsenburg ($29\frac{1}{2}$ F. hoch, $7\frac{1}{2}$ F. im Kohlensack weit; 1 Kohlengicht = 27 Cub.-F.), Rothe Hütte ($32\frac{1}{2}$ F. hoch, $8\frac{1}{3}$ F. weit; 1 Kohlengicht = $24\frac{1}{5}$ Cub.-F.), Goroblagodatsk (49 F. Engl. hoch, 14 F. weit; 1 Kohlengicht = 70 Cub.-F. Engl.), Kamensk (34 F. Engl. hoch, $11\frac{2}{3}$ F. weit; 1 Kohlengicht = 70 Cub.-F. Engl.), Nischnetagilsk ($37\frac{1}{2}$ F. Engl. hoch, 11 F. weit; 1 Kohlengicht = 80 Cub.-F. Engl.) und Poschefsk (56 F. Engl. hoch; 1 Kohlengicht = 125 Cub.-F. Engl.). Die bei den Belgischen Kohks-Hohöfen gebräuchlichen Kohksgichten betragen etwa 32 Cub.-F. Eine Kohksgicht auf Königshütte ist = $42\frac{2}{3}$ Cub.-F. Diese Beispiele werden genügen, um zu zeigen, daß dieselben zum Theil eben so sehr von den oben angegebenen Regeln abweichen, als diese Regeln unter sich.

Veranschaulich der Wirkungen großer u. kleiner Gichten.

Die verschiedene Wirkung großer und kleiner Brennmaterial-Gichten auf den Schmelzproceß kann man sich dadurch leicht veranschaulichen, daß man sich die extremsten Fälle derselben denkt. Die größtmögliche Kohlen- oder Kohks-Gicht würde die seyn, welche, nebst der dazu gehörigen Erz-Gicht, den ganzen Schacht eines Hohofens ausfüllte; die kleinstmöglichen Gichten finden aber gewissermaßen in dem Falle statt, wenn Brennmaterial- und Erzstücke im ganzen Schachtraume vollständig mit einander gemengt sind. In beiden Fällen würde, wie man sich leicht vorstellen kann, ein sehr fehlerhafter Schmelzgang, ja endlich ein vollständiges Stocken desselben eintreten. Da nun beide Extreme zu etwas Unrichtigem führen, so muß es eine richtige Mitte geben. Jedoch hat dieselbe keine so scharfe Begrenzung, daß sie nicht einen bedeutenden Spielraum ließe.

---

*) Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 2, S. 688.

Geschäfte der Arbeiter während des normalen Schmelzganges.

Sobald das Schmelzen seinen normalen Gang erreicht hat, die Erzgichten also die verlangte Größe besitzen, ordnen sich auch die Geschäfte der beim Hohofen angestellten Arbeiter, und zu gewissen Zeiten kehren dieselben Operationen wieder. Die Arbeiter, welche oben auf der Gicht beschäftigt sind, haben für das Aufgeben zu sorgen, d. h. sie müssen so oft eine Brennmaterial-Gicht und eine Erz-Gicht nachfüllen, als durch das Sinken der Beschickung hinreichender Platz für beide entsteht. Die Schmelzer, welche ihren Platz beim Heerde haben, müssen für das Abziehen der Schlacke, für den guten Gang des Gebläses, das Reinhalten der Formen und das Ausschlagen des geschmolzenen Roheisens sorgen. Ein solcher Ausschlag erfolgt gewöhnlich in Zeiten von 8 zu 8, oder von 12 zu 12 Stunden. Bei leicht reducirbaren und zugleich reichen Erzen füllt sich der Heerd natürlich früher mit Eisen als bei schwer reducirbaren und armen Erzen. Ist das erzeugte Roheisen nicht zu Gußwaaren, sondern zur Stabeisen-Fabrikation bestimmt, so gießt man dasselbe zu sogenannten **Gänzen**, nämlich halbcylindrischen Stücken von einigen Fuß Länge, etwa 6 Z. Breite und 3 Z. Höhe. Eine gewisse Menge solcher Formen werden in den Formsand des Hüttenbodens dicht neben einander abgedrückt, auf die Art, daß ihre langen Seiten mit einander parallel laufen. Rechtwinklig auf letztere und in geringer Entfernung von den zur Aufnahme der Gänze bestimmten Vertiefungen wird eine bis zum Stiche (Zapfloche) gehende Rinne gezogen und durch kurze Seitenkanäle mit jeder der Vertiefungen in Verbindung gesetzt. Beim Oeffnen des Stiches, was vermittelst eines durch Hammerschläge eingetriebenen Spießes geschieht, fließt das Roheisen in die Rinne und vertheilt sich aus dieser in die verschiedenen Vertiefungen für die Gänze. Vermittelst kleiner, in die Rinne gesteckter eiserner Schaufeln bewirkt man, daß das Eisen eine Ganzgrube nach der anderen füllt. Wird der Hohofen nicht auf graues, sondern auf weißes Eisen betrieben, so wendet man häufig gußeiserne Formen für die Gänze an, die dann eine parallelepipedische, meist plattenförmige Gestalt haben. Während des Ausschlagens wird das Gebläse abgestellt. Sobald alles flüssige Roheisen den Heerd verlassen hat, dringt die Schlacke durch das Stichloch, und sogleich wirft ein Arbeiter einige Schaufeln Sand in die Rinne, um der Schlacke dadurch einen Seitenweg anzuweisen. Während die Schlacke abfließt, pflegt man das Gebläse wieder einige Minuten in Gang zu setzen, theils um durch den Druck des Windes das Ausfließen der Schlacke zu befördern, theils um die Temperatur nicht so weit sinken zu lassen, daß dadurch eine theilweise Erstarrung der Schlacke bewirkt werden könnte. Ist der Heerd endlich leer, so beginnt die Reinigung desselben von allen angesetzten, erhärteten Massen; das Stichloch wird wieder mit Hülfe eines Thonpfropfes verschlossen, das Brennmaterial im Heerde wird möglichst nach vorn gezogen, mit Kohlenklein bedeckt und endlich noch Thon oder Stübbe darüber geworfen, so daß die Oeffnung zwi-

schen Wallstein und Tümpel völlig geschlossen erscheint. Zuletzt wird das Gebläse angelassen, und das Schmelzen nimmt wieder seinen Anfang.

γ) Vorübergehende Einstellung und Ausblasen eines Hohofens.

Vorübergehende Unterbrechungen im Betriebe eines Hohofens — die mit einem zeitweiligen Einstellen des Gebläseluftstromes (Aushängen des Gebläses) in Verbindung stehen — kommen besonders bei längeren Schmelz-Campagnen vor. Sie werden durch nothwendige Reparaturen theils des Ofens selbst, theils des Gebläses, der Betriebsmaschine des Gebläses, der Windleitung u. s. w. veranlaßt.

Auswechselung des Tümpelsteins und

Ein Theil des Ofens, welcher am leichtesten schadhaft zu werden pflegt, ist der Tümpelstein. Derselbe ist mit seiner inneren Seite der unmittelbaren Einwirkung der hohen Temperatur des Gestellraumes ausgesetzt, während seine äußere Seite einer fortwährenden Abkühlung durch die atmosphärische Luft unterliegt. Durch ersteren Umstand vermindert sich seine Dicke nach und nach in Folge von Abschmelzung, und durch letzteren wird er geneigt, Risse zu bekommen, aus welchen endlich die Flamme hervorbricht. Jedoch braucht ein solcher Grad der Zerstörung noch nicht einmal eingetreten zu seyn, um eine Auswechselung des Tümpelsteins rathsam zu machen. Dies ist bereits der Fall, wenn sich durch Abschmelzung des Tümpelsteins das Gestell in dem Maße erweitert hat, daß dadurch die Produktion eines guten (grauen) Roheisens kaum noch zu ermöglichen ist. Es kommt alsdann darauf an, den schadhaften Tümpel in möglichst kurzer Zeit wegzubrechen und durch einen neuen zu ersetzen. Sowohl wie dies in's Werk gesetzt wird, als auch wie man — was seltener vorkommt — einen schadhaft gewordenen Dammstein (Wallstein) durch einen neuen ersetzt, läßt sich nicht ohne ein Detail beschreiben, welches uns hier zu weit führen würde. Ueberdies sind die praktischen Handgriffe, auf welche es hierbei besonders ankommt, auf verschiedenen Hüttenwerken nicht unbedeutend von einander abweichend. Einiges Nähere über diese Operationen findet man in Karsten's Eisenhüttenkunde, 3te Auflage, Bd. 3, S 232; ferner in Weniger's praktischem Schmelzmeister, S. 113.

des Dammsteins.

Bei Reparaturen der Gebläse-Maschinerie und in einigen anderen Fällen kann eine Betriebs-Unterbrechung von mehreren Tagen bis zu mehreren Wochen nothwendig werden. Will man bei solcher Veranlassung nicht zum wirklichen Ausblasen, oder unter gewissen Umständen sogar zu einem förmlichen Ausräumen des Ofens schreiten, so kommt es darauf an, denselben auf bestmögliche Art zu dämpfen, d. h. sein Inneres auch ohne Gebläseluft längere Zeit hinreichend heiß zu erhalten, um, nach beendeter Reparatur, das Schmelzen sogleich wieder fortsetzen zu können. Man verschließt dabei alle Oeffnungen des Ofens — Gicht, Formöffnungen und Vorheerd — auf geeignete Art. Da sich ein fast gänzliches Abschließen der atmosphärischen

Dämpfen eines Hohofens.

Luft schwer erreichen läßt, so nimmt man von Zeit zu Zeit die eisernen Deckplatten von der Gicht und schüttet den durch langsame Verbrennung entstandenen leeren Raum wieder mit Kohlengichten voll. Je seltener ein solches Nachfüllen nothwendig wird, desto länger kann man den Ofen im gedämpften Zustande erhalten. Tritt dagegen zu viel Luft in den Schacht, und ist man daher zu einem öfteren Nachfüllen genöthigt, so muß man das Wiederanblasen des Ofens möglichst zu beschleunigen suchen, da sonst die im Schachte befindlichen Erzgichten — durch Verminderung des Brennmaterials zwischen ihnen — einander zu nahe rücken, was begreiflicherweise später einen sehr schwierigen Schmelzgang, ja selbst das Erfrieren (Ersticken) des Ofens nach sich ziehen kann. Wird man von dem Unfalle, welcher ein Dämpfen des Ofens nöthig macht, nicht allzu plötzlich überrascht, hat man also noch Zeit zu einigen das Dämpfen erleichternden Vorkehrungen, so ist es in dieser Beziehung besonders wichtig, das Schmelzen zuvor noch 12 — 24 Stunden mit ganz leichten Sätzen (auf eine Kohlengicht ein etwa bis zur Hälfte und nach Befinden noch mehr verminderter Erzsatz) fortzuführen. Hierdurch erhält der Ofen ein solches Uebermaß an Kohlen oder Kohks, daß sich, bei anderweitig nicht unterlassener Vorsicht, leicht ein mehrwöchentliches Dämpfen bewerkstelligen läßt. Jedoch hat dies, aus nahe liegenden Gründen, bei Kohks-Hohöfen stets größere Schwierigkeiten als bei Holzkohlen-Hohöfen. Ein noch länger fortgesetztes Dämpfen wird ermöglicht, wenn man zuvor den Ofen, anstatt mit leichten Sätzen, bloß mit Kohlen oder Kohks anfüllt. Die durch ein solches Verfahren verursachten Kosten sind in der Regel immer noch bedeutend geringer als die, welche durch ein förmliches Ausblasen und Wiederanblasen herbeigeführt werden.

Ausblasen eines Hohofens.

Das Ausblasen eines Hohofens wird unumgänglich nothwendig, sobald der Ofen sich in einem so schadhaften Zustande befindet, daß die betreffenden Reparaturen ein Leeren und Erkalten desselben bedingen. Man bläst alsdann, ohne wieder neue Gichten aufzugeben, die ganze Schmelzsäule allmälig nieder, setzt darauf das Gebläse in Stillstand und läßt den Ofen langsam erkalten. Beim Einrücken der letzten Gichten, welches — da der Druck einer darauf lastenden Schmelzsäule mangelt — stets nur langsam geschieht, bildet sich, wegen der schon sehr gesunkenen Ofentemperatur, ein mehr oder weniger kohlenstoffarmes weißes Eisen, welches sich in einem halbgefrischten Zustande auf dem Heerdboden anzusetzen pflegt. Dasselbe wird, nachdem der letzte Abstich vorüber und das Gebläse eingestellt ist, als sogenannte Eisensau aus dem Ofen gebrochen.

Dauer einer Schmelz-Campagne.

Die Zeitdauer einer Schmelz-Campagne ist — abgesehen von zufälligen Umständen, die darauf influiren können — hauptsächlich abhängig von der Feuerfestigkeit der Gestellmaterialien und der im Gestell herrschenden Temperatur. Bei vielen Hohöfen dauert eine solche Campagne 1 — 2 Jahre, bei anderen erreicht sie mehr als das Doppelte. Der langen Schmelz-Campagnen der Belgischen Hohöfen wurde bereits oben gedacht; ingleichen eines Falles,

in welchem sich in einem Harzer Eisenhohofen allmälig ein Gestell aus Frischeisen gebildet und dadurch eine ausnahmsweise lange Campagne bewirkt worden war. Eck *) giebt uns Nachricht von einer fast sechsjährigen Hüttenreise (Schmelz-Campagne) eines Oberschlesischen Kohks-Hohofens; Dietrich **) und Kindinger ***) von einer beinahe eben so langen zweier Steyermärkischen Holzkohlen-Hohöfen, deren einer überdies noch mit 275° C. heißer Gebläseluft betrieben wurde.

b) Leitung des Betriebes nach Merkmalen des Schmelzganges.

Die Betriebsleitung eines Eisenhohofens ist in einigen ihrer Theile wesentlich verschieden, je nachdem es sich dabei um die Darstellung eines grauen Roheisens, weißen Roheisens oder Spiegeleisens handelt. In dem Folgenden wird jeder dieser drei Fälle einer besonderen Betrachtung unterworfen werden.

α) Betriebsleitung bei der Darstellung von grauem Roheisen.

Lassen wir zufällige und vorübergehende Umstände, welche merkbare störende Einflüsse auf den Schmelzgang eines Hohofens äußern, einstweilen unberücksichtigt, und nehmen wir an, daß dem Ofen eine zweckdienliche Menge Gebläseluft von passender Pressung und Temperatur zugeführt wird, so ist — bei richtiger Ofenconstruktion, gutartiger Beschickung und gutem Brennmaterial — die Qualität des producirten Roheisens hauptsächlich von dem Quantitäts-Verhältniß zwischen Erz und Brennmaterial abhängig. Je nachdem das Brennmaterial in mehr oder weniger reichlicher relativer Menge vorhanden ist, können unter solchen Umständen drei wesentlich verschiedene Arten des Schmelzganges eintreten, welche man durch die Benennungen: übergaarer Gang, Gaargang und Rohgang unterscheidet. Die richtige Erkennung derselben aus gewissen, hier näher anzugebenden Merkmalen ist Sache des betreffenden Betriebs-Officianten (Hütten- oder Hohofenmeisters).

Die 3 Hauptarten des Schmelzganges.

Der Gaargang, welcher bei einem richtigen Quantitäts-Verhältniß zwischen Erz, Zuschlag und Brennmaterial stattfindet, ist durch folgende Merkmale charakterisirt.

Merkmale des Gaarganges.

1) Die Formen sind frei von erstarrter Schlacke — der sogenannten Nase —, und erscheinen beim Hineinblicken so hell und weißglänzend, daß man eine kurze Zeit nichts im Ofen zu unterscheiden vermag. Hat sich nach einiger Zeit das Auge an diese Helligkeit gewöhnt, und man gewahrt die Oberfläche der flüssigen Schlacke, so erscheint diese nur von dem einströmenden Winde und den hineinfallenden Roheisentropfen, nicht aber durch ein eigenthümliches Kochen — eine Gasentwicklung — bewegt, wie solches den Roh-

*) Karst. Archiv Bd. 21, S. 504.— Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 6, S. 307.
**) Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 6, S. 129.
***) Ebendaselbst Bd. 8, S. 453.

gang (wovon später) anzeigt. Auch glühende Kohlen, welche auf der Schlacke schwimmen, lassen an ihrer Berührungsfläche mit letzterer keine Entwicklung von Gasblasen wahrnehmen.

2) Die Schlacke, wie sie aus dem Heerde fließt, hat die Consistenz eines ziemlich dünnflüssigen Glases; sie ist nicht frisch, d. h. sehr dünnflüssig, kaum oder nicht in Fäden auszuziehen und schnell erstarrend, sondern mehr oder weniger saiger, d. h. etwas zähflüssig, zu langen und dünnen (nicht knotigen) Fäden ausziehbar und langsam erstarrend. Ihre Farbe deutet auf keinen bedeutenden Eisengehalt hin, ist also — wenigstens in dünnen Bruchstücken oder Fäden — stets eine sehr lichte. Ob übrigens die Schlacke, besonders in größeren Massen, bläulich, grünlich, graulich oder gelblich aussieht, darauf kommt wenig an, indem dies von unwesentlichen Umständen in der Beschaffenheit der Erze, Zuschläge und des Brennmaterials abhängig ist.

3) Die Tümpelflamme, d. h. die zwischen dem gefüllten Heerde und dem Tümpel hervorspielende Flamme, ist weder groß, noch heftig hervordringend, noch — wenigstens nicht beträchtlich — rauchend, und setzt oberhalb an der Brust einen dünnen weißen Beschlag ab (s. übergaarer Gang). Ihre Farbe ähnelt der der Gichtflamme.

4) Die Gichtflamme hat die Farbe von brennendem Alkohol (Spiritus). Sie ist nämlich größtentheils blau, oben mit etwas Rothgelb und Gelbroth, zuweilen auch Weiß gemischt. Hinsichtlich des Rauches und Beschlages verhält sie sich ähnlich wie die Tümpelflamme. Sie wallt mit einer gewissen Lebendigkeit und Fülle aus der Gicht empor.

5) Der Gichtenwechsel oder, mit anderen Worten, das Aufgeben findet vollkommen regelmäßig statt; die Schmelzsäule sinkt in gleichen Zeiten um gleiche Höhen unter die Gicht nieder, und zwar stets mit annähernd horizontaler Oberfläche.

6) Die Beschaffenheit des producirten Roheisens ist die eines normalen grauen. Beim Abstechen entströmt es dem Heerde mit röthlich weißer Farbe, ohne Funkensprühen und erstarrt, zu einer kleinen Probe ausgegossen, mit ziemlich horizontaler Oberfläche.

Merkmale des übergaaren Ganges.

Der übergaare Gang entsteht durch eine zu reichliche Menge des Brennmaterials im Verhältniß zur Beschickung, und giebt sich durch folgende Merkmale zu erkennen.

1) Die Formen erscheinen — durch die außerordentlich hohe Temperatur, welche in Folge des Brennmaterial-Uebermaßes im Gestell herrscht — noch blendender und weißer als beim Gaargange. Es dauert daher noch länger als bei letzterem, bis das Auge beim Hineinblicken etwas zu unterscheiden vermag; jedoch läßt sich ein bestimmtes Zeitmaß dafür nicht angeben, indem Gewöhnung und verschiedene Empfindlichkeit des Auges hierbei von großem

Einflusse sind. Die Oberfläche der flüssigen Schlacke, welche man durch die Form gewahrt, zeigt sich in derselben Weise wie beim Gaargange. Bei starkem und längere Zeit fortgesetztem übergaaren Gange fangen die Formen mitunter zu nasen an. Dieser anscheinend paradoxe Umstand rührt daher, daß die Gestellwände durch die hohe Temperatur angegriffen werden und Stücke derselben von Zeit zu Zeit vor die Form treten.

2) Die aus dem Heerde fließende Schlacke ist zähflüssig und läßt sich zu sehr dünnen wasserhellen, dabei aber nur kurzen Fäden ausziehen. Erkaltet erscheint sie gewöhnlich von sehr lichter, wenigstens keine Spur eines Eisengehaltes verrathender Farbe. Größere erstarrte Schlackenmassen zeigen sich in ihrem Inneren zuweilen weiß und undurchsichtig, ähnlich wie das sogenannte Réaumur'sche Porcellan. Mitunter ist ihre Oberfläche stellenweise mit einer Graphithaut überzogen und in einzelnen Bläsenräumen finden sich größere Partien blättrig krystallinischen Graphites. Diese gesammte Beschaffenheit der Schlacke ist nicht schwer aus den Verhältnissen des übergaaren Ganges zu erklären; sie ist eine unmittelbare Folge des Brennmaterial-Uebermaßes und der dadurch bewirkten sehr hohen Temperatur. Alles Eisen wird unter solchen Umständen aus der Schlacke reducirt, letztere aber theils schon durch diesen Eisenmangel, hauptsächlich aber dadurch zähflüssiger als beim Gaargange, daß der übergaare Gang mit einer schwerschmelzbaren Beschickung in Verbindung zu stehen pflegt. Werden nun überdies noch, bei sehr hoher Temperatur, die Gestell- und vielleicht sogar Rastwände angegriffen, so wird die Zähflüssigkeit der Schlacke dadurch noch vermehrt.

3) Die Tümpelflamme, von ähnlicher Farbe wie die — sogleich zu betrachtende — Gichtflamme, stößt einen weißen Rauch aus, der sich an der Ofenbrust als dicker weißer Beschlag absetzt.

4) Die Gichtflamme zeigt in ihrer Farbe nicht jene Einmengungen von Gelb und Roth, wie beim Gaargange, wogegen eine Einmengung von Weiß mehr oder weniger überhand nimmt, so daß weißblaue bis blauweiße Farbe eintritt. Rauch und Beschlag wie bei der Tümpelflamme.

Ursache d. verschied. Beschaffenheit d. Tümpel- u. Gichtflamme.

Anmerkung. Es dürfte hier der geeignete Ort seyn, einige Bemerkungen über die verschiedenen Farben und Beschläge der Gicht- und Tümpelflamme einzuschalten. Die Farbe einer Flamme rührt theils von den in ihr zur Verbrennung gelangenden Gasarten, theils von den in ihr suspendirten glühenden Partikeln fester Stoffe her. An Gasarten verbrennen in der Gicht- und Tümpelflamme hauptsächlich nur Kohlenoxyd, außerdem etwas Wasserstoff, und in der Gichtflamme auch noch eine geringe Menge Kohlenwasserstoff. Das Kohlenoxydgas erzeugt eine blaue, der Wasserstoff eine wenig leuchtende und sehr schwach (gelblich) gefärbte, und der Kohlenwasserstoff eine unten bläuliche, oben gelbliche Flamme. An fein vertheilten festen Stoffen, welche durch den im Hohofenschachte aufwärts steigenden Gasstrom emporgetrieben

werden, können sich in der Gichtflamme hauptsächlich befinden: 1) Staub von den Kohlen, den Erzen und Zuschlägen (namentlich Kalk); 2) Holzkohlen- oder Kohksasche; 3) Kieselerde, von reducirtem und wiederverbranntem Silicium herrührend. Mit welchem Stoffe in chemischer Verbindung das in der Schmelzzone gebildete Silicium sich verflüchtigt, ist noch unausgemacht; doch dürfte, in manchen Fällen wenigstens, das Fluor einen Theil daran haben*). 4) Kohlensaures Kali — das von der Asche der Brennmaterialien herrührende hier außer Betracht gelassen — durch Zersetzung von Cyankalium gebildet (S. 18 u. 19). 5) Zinkoxyd, aus den vielen Eisenerzen beigemengten kleinen Mengen von Zinkblende oder, seltener, von Galmey herrührend; indem sich zuerst Dämpfe von metallischem Zink bilden, die sich allmälig durch Einwirkung der Kohlensäure in staubförmiges Zinkoxyd umwandeln. Kohlen-, Erz- und Kalkstaub und mehr oder weniger auch die Asche der Brennmaterialien bringen röthlichgelbe und gelblichrothe Nüancen der Flamme hervor, während Kieselerde und kohlensaures Kali gelblichweiße, Zinkoxyd aber rein weiße Färbungen bewirken. Endlich ist noch zu berücksichtigen, daß unvollkommen verkohlte Holzkohlen, vielleicht gar mit sogenannten Bränden (rother Holzkohle) gemengt, und unvollständig ausgeglühte Kohks ebenfalls die blaue Flamme des Kohlenoxydgases beeinträchtigen und derselben gelbe und gelbrothe Färbungen einmischen können. Man wird jetzt einsehen, woher die weißliche Farbe und der weiße Beschlag der Gicht- und Tümpelflamme beim übergaaren Gange hauptsächlich rührt. Der hohe Hitzgrad und das große Volum der Schmelzzone, welche diesen Schmelzgang charakterisiren, ziehen eine reichlichere Bildung von Silicium und (Cyan-) Kalium nach sich; und das Zinkoxyd, welches sich sonst größtentheils einige Fuß unter der Gicht — als sogenannter Gichtschwamm — sublimirt, wird in vermehrter Menge über dieselbe hinausgetrieben.

Ferner entwickelt die Gichtflamme beim übergaaren Gange, aus leicht erklärlichen Ursachen, einen merkbar höheren Hitzgrad als beim Gaargange, wie sich dies

*) Neuere, in mehrfacher Hinsicht sehr interessante Untersuchungen von Fremy (Compt. rend. July 5, 1852, und daraus in Philosophic. Mag. August 1852, p. 153) haben gezeigt, daß sich Schwefelsilicium, $\overset{'''}{Si}$, bildet, wenn Schwefelkohlenstoffdampf über ein glühendes Gemenge von Kieselerde und Kohle geleitet wird. Dieses bei höherer Temperatur flüchtige Siliciumsulphid zersetzt sich mit Wasserdämpfen zu Schwefelwasserstoffgas und Kieselerde, welche letztere hierbei die nämliche faserige (seidenartige) Beschaffenheit annimmt, welche die in Hohöfen sublimirte Kieselerde zu zeigen pflegt. Da nun die Gegenwart von Schwefelkohlenstoff in den Hohofengasen, nach Ebelmen's Untersuchungen (S. 30), als sehr wahrscheinlich gelten kann, so würde die Bildung der faserigen und staubförmigen Kieselerde in den Eisenhohöfen sich hierdurch genügend erklären lassen.

besonders zu erkennen giebt, wenn man die Gichtflamme zur Erhitzung der Gebläseluft benutzt. Die Temperatur der letzteren nimmt alsdann beim übergaaren Gange nicht unbedeutend zu.

5) Der Gichtenwechsel ist, wenn kein Nasen der Formen stattfindet, regelmäßig, doch gewöhnlich mehr beschleunigt als beim Gaargange.

6) Das Roheisen ist dickflüssig und mit Graphit überladen. Natürlich wird seine Beschaffenheit durch größeren oder geringeren Silicium-, Phosphor- und Schwefelgehalt wesentlich modificirt.

Merkmale des Rohganges.

Der Rohgang ist eine Folge eines zu großen Erzsatzes im Verhältniß zur Brennmaterialgicht. Man erkennt denselben an folgenden Merkmalen.

1) Die Formen sind weit schwächer leuchtend als beim Gaargange, zuweilen nasend. Indem man durch dieselben in den Ofen blickt, gewahrt man, daß sich die Oberfläche der flüssigen Schlacke in einer mehr oder weniger deutlichen kochenden Bewegung befindet. Die geringe Menge des Brennmaterials und der daraus sich ergebende geringere Hitzgrad bewirken nämlich eine unvollkommene Reduktion des Erzes, wodurch letzteres zum Theil als Eisenoxydul-Oxyd in die Schlacke geht; und zwar um so mehr, je leichtflüssiger letztere ist. In Folge ihres Eisenoxydgehaltes wirkt eine solche Schlacke oxydirend auf das Roheisen, indem der Sauerstoff des Eisenoxyds einen Theil des Kohlenstoffs im Roheisen verbrennt. Daher die, jenes Kochen verursachende Gasentwickelung, welche selbst schon bei einem Contakte einer derartigen Schlacke mit glühender Kohle stattfindet. In der Nähe der Formen setzen sich mitunter Massen von einem kohlenstoffarmen, schwerschmelzbaren Eisen — Frischeisen — an.

2) Die aus dem Heerde rinnende Schlacke ist trotz ihres beträchtlichen Eisengehaltes nicht selten dickflüssig; jedenfalls aber erstarrt sie leicht und ist dabei sehr kurz, d. h. sie läßt sich fast gar nicht zu Fäden ausziehen. Die beim Versuche des Fadenziehens am Schlackenhäkchen (kleinen Schlackenspieße) hängenbleibenden Schlackenspitzen zeigen, gegen das Licht gehalten, eine dunkel bouteillengrüne, kolophongelbe bis braune Farbe, während größere Schlackenstücke beinahe schwarz erscheinen. Zugleich pflegt die erstarrte Schlacke durch unaufgelöste Beschickungstheile, Eisenkörner und selbst Kohlenstückchen mechanisch verunreinigt, sowie mit Blasenräumen erfüllt zu seyn und eine mürbe und spröde Beschaffenheit zu besitzen.

3) Die Tümpelflamme setzt wenig oder keinen weißen, dagegen einen ähnlich gefärbten Beschlag wie die Gichtflamme ab. Sind in Folge längeren Rohganges Versetzungen im Ofen eingetreten, so nimmt die Größe der Tümpelflamme zu.

4) Die Gichtflamme ist schwach, bei Versetzungen des Ofens noch schwächer. Ihre Farbe zeigt selten noch eine Einmischung von Weiß, wogegen die gelben und röthlichen Nüancen sehr überhand genommen und die blaue Farbe fast

unterdrückt haben. Dabei stößt sie einen ziemlich starken bläulich grauen Rauch aus, welcher sich als bräunlich grauer bis röthlich brauner Beschlag absetzt. Ihre Temperatur ist geringer als beim Gaargange (S. 160).

5) Der Gichtenwechsel ist langsamer als beim Gaargange; bei eingetretenen Versetzungen des Ofens zugleich mehr oder weniger unregelmäßig.

6) Das Roheisen hat alle Eigenschaften eines kohlenstoffarmen weißen Roheisens. Es fließt mit blendend weißer Farbe und Funkensprühen aus dem Heerde, erkaltet aber schnell und verändert dadurch sehr bald jene Farbe in eine röthlich gelbe und rothe.

Die verschiedene Beschaffenheit, welche die verschiedenen Arten des Roheisens sowohl in ihrem flüssigen Zustande als beim Erstarren wahrnehmen lassen, kann zur Unterscheidung derselben und dadurch zur Erkennung des Ofenganges dienen. Schott*) hat diesem Gegenstande eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Obwohl sich die von ihm in dieser Beziehung aufgestellten Charaktere zunächst nur auf lokale Verhältnisse beziehen, so dürften doch einige derselben allgemeinere Gültigkeit besitzen. Jedenfalls aber sind den Eisenhüttenleuten dadurch Winke gegeben, wie sich die ungefähre Beschaffenheit des Roheisens dem aufmerksamen Beobachter durch eine leichte und schnelle Probe zu erkennen giebt.

Die oben geschilderten, nach gewissen Merkmalen charakterisirten drei Hauptarten des Schmelzganges wurden, zur leichteren Unterscheidung, in möglichst extremer Gestalt dargestellt. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß Fälle vorkommen können, in welchen sich die Art des Schmelzganges weniger entschieden ausspricht, und in welchen die Diagnose nur dem geübten Blicke des erfahrenen Praktikers gelingt. Nicht selten kommt ein Schmelzgang vor, welcher ungefähr in der Mitte zwischen Gaargang und Rohgang steht, oder vielmehr, bei welchem abwechselnd Gaar- und Rohgang stattfinden. Man nennt denselben **halbirten Gang**, weil sogenanntes halbirtes Roheisen dabei erzeugt zu werden pflegt.

Halbirt. Gang.

Wie man die gedachten abnormen Arten des Schmelzganges in den normalen Gaargang umwandeln kann, ergiebt sich unmittelbar aus den angegebenen Ursachen derselben. Beim übergaaren Gange braucht man nur den Erzsatz zu erhöhen — stärker zu setzen — und beim Rohgang den Erzsatz zu vermindern — schwächer zu setzen.

Complicirtere Arten d. abnormen Schmelzganges.

Die Ursachen des abnormen Schmelzganges sind in den meisten Fällen nicht so einfach, wie sie hier, der Deutlichkeit wegen, angenommen wurden. Um dies einzusehen, braucht man nur zu erwägen, daß bei einem Hohofenbetriebe mit unrichtigem relativen Brennmaterial-Quantum möglicherweise

*) Ueber das Verhalten des Roheisens nach seiner verschiedenen Beschaffenheit im flüssigen Zustande und nach dem Erstarren. Bergwrksfrnd. Bd. 6, S. 241.

noch mancherlei andere abnorme Umstände mitwirken und dadurch complicirte Verhältnisse hervorrufen können.

Bei dem übergaaren Gange können sämmtliche Umstände mitwirkend seyn, welche früher (S. 42) als »Ursachen der Temperatur-Erhöhung« angeführt wurden; und die Hervorbringung des Rohganges kann von allen denjenigen Umständen begünstigt werden, welche wir als »Ursachen der Temperatur-Erniedrigung« kennen gelernt haben (S. 42). Auch kann es vorkommen, daß in einem Hohofen »Ursachen der Temperatur-Erhöhung und der Temperatur-Erniedrigung zugleich« wirksam sind, und daß sich als das Resultat ihrer Wirkung entweder ein übergaarer oder ein roher Gang herausstellt. Folglich giebt es eine große Anzahl von Combinationen, welche diese beiden Arten des Schmelzganges hervorzurufen vermögen; und sogar ein anscheinender Gaargang kann das Resultat solcher Combinationen seyn. Bei jedem, sich in irgend anderer Weise abnorm zeigenden Ofengange wird daher der Scharfsinn des Betriebs-Officianten auf die Probe gestellt, indem es gilt, aus allen sich darbietenden Merkmalen eine richtige Diagnose des kranken Hohofens abzuleiten. Sämmtliche hierbei möglichen Fälle näher durchzugehen, würde uns in ein zu weitläufiges Detail verwickeln; doch mögen wenigstens einige der wichtigeren hier Erwähnung finden.

Uebergaarer u. heißgaar. Gang.

Erster Fall. Zu großes relatives Brennmaterial-Quantum mit zu stark gepreßter und (oder) zu heißer Gebläseluft in Verbindung, erzeugen einen übergaaren und zugleich heißgaaren Gang (S. 59), welcher die Merkmale des übergaaren Ganges in ihrer extremsten Gestalt an sich trägt. Ein solcher Schmelzgang dürfte jedoch bei einem nur einigermaßen auf Brennmaterial-Ersparung gerichteten Betriebe wohl kaum vorkommen.

Heißgaarer Gang.

Zweiter Fall. Knappes relatives Brennmaterial-Quantum, bei sehr stark gepreßter und (oder) sehr heißer Gebläseluft, verursacht den heißgaaren Gang (S. 59). Das hierbei producirte Roheisen ist weniger graphitreich oder doch weniger kohlenstoffhaltig als das übergaare, dabei aber reicher an verunreinigenden Nebenbestandtheilen. Gicht- und Tümpelflamme zeigen die Charaktere des übergaaren Ganges, doch in weniger hohem Grade als im vorigen Falle. Der Schlacke fehlt die Graphit-Einmengung; sie kann sogar mehr oder weniger eisenhaltig seyn.

Dritter Fall. Enger und hoher Ofen — besonders enges und hohes Gestell — vielleicht in Verbindung mit noch anderen Ursachen der Temperatur-Erhöhung, können, selbst bei richtiger relativer Brennmaterial- und Windmenge, einen heißgaaren Gang hervorrufen. Dieser Schmelzgang geht aber, nachdem sich das Gestell durch Ausschmelzung erweitert hat, allmälig in einen mehr oder weniger gaaren über.

Kaltgaarer Gang.

Vierter Fall. Großes relatives Brennmaterial-Quantum bei sehr geringer Windcapicität ruft den kaltgaaren Gang (S. 59) hervor.

Fünfter Fall. Leichtschmelzbare und sehr unreine Beschickung nebst großer Capacität der Gebläseluft erzeugen den heißen (heißgaaren) Rohgang (S. 56). Gicht- und Tümpelflamme können hierbei, wenn das relative Brennmaterial-Quantum reichlich oder doch genügend ist, auf übergaaren oder gaaren Gang hindeuten, während weißes Roheisen producirt wird und die Schlacke dünnflüssig ausfällt.

Heiß. Rohgang.

Sechster Fall. Sehr reiche Beschickung mit leichtflüssigem, aber der Menge nach zu geringem Zuschlage, also überhaupt zu geringem Schlackenmaterial, verursachen, selbst bei übrigens normalen Verhältnissen, einen Rohgang, der unter dem Namen trockner Gang bekannt ist. Auch zu schwer und zu leicht schmelzbare Schlacke können einen ähnlichen Ofengang herbeiführen. Es fehlt an dem nöthigen Schlackenschutze, das Roheisen wird daher dem Winde zu sehr ausgesetzt und erhält dadurch eine mehr oder weniger hervorstechende Tendenz zum Weißwerden. Gicht- und Tümpelflamme pflegen dabei auf keinen fehlerhaften Gang hinzudeuten, die Schlacke aber zeigt sich beträchtlich eisenhaltig. Treten zugleich Ursachen der Temperatur-Erniedrigung hinzu, so stellt sich ein sehr entschiedener Rohgang ein.

Trockner Gang.

Siebenter Fall. Verstopfungen im Ofenschachte, also erschwertes oder gehemmtes Ausströmen der Ofengase, haben stets einen Rohgang zur Folge, der durch schwache Gicht- und starke Tümpelflamme, sowie durch verzögerten oder unregelmäßigen Gichtenwechsel, nicht selten auch durch sogenanntes Kippen der Gichten, charakterisirt ist. Derartige Verstopfungen können besonders veranlaßt werden: 1) durch angehäuften Gichtschwamm (S. 160), 2) durch zusammengesinterte Massen, welche sich im Rastraume festgesetzt haben, 3) durch Frischeisen, welches sich im Gestell angesetzt hat (S. 161), 4) durch Schadhaftwerden der Ofenwände und daraus entstehendes Loslösen und Niedergehen von Mauerwerk, 5) durch zu dicht liegende Beschickung, 6) durch zu mürbes, leicht zerdrückbares Brennmaterial.

Verschiedene andere Arten von Rohgang.

Achter Fall. Feuchtes, schlecht verkohltes oder zu grobes Brennmaterial haben ebenfalls leicht Rohgang zur Folge; und zwar ersteres wegen dadurch bewirkter Abkühlung des Ofens. Das schlecht verkohlte Brennmaterial wirkt nicht allein abkühlend, sondern nimmt zugleich während seines Niedergehens beträchtlich an Volum ab, wodurch ein Kippen der Gichten (Niederrücken der Gichten mit schiefer oder gekrümmter Oberfläche) entstehen kann. Zu große Kohlen- oder Kohksstücke veranlassen das sogenannte Voranrollen der Beschickung, nämlich ein Durchfallen der kleineren Erz- und Zuschlagstücke durch die zunächst liegenden Brennmaterialschichten. Dadurch erfolgt eine unregelmäßige Vertheilung der Beschickung und überhaupt eine unregelmäßige Anordnung der ganzen Schmelzsäule, welches zunächst einen halbirten Gang zu veranlassen pflegt, der aber leicht in wirklichen Rohgang übergeht. Nach und nach herbeigeführte Unordnungen in der Schmelzsäule kommen viel häufiger

vor, als man gewöhnlich glaubt. Sie ganz zu vermeiden, ist fast unmöglich; doch gleichen sie sich oft von selbst wieder aus. v. Bünau*) hat einige interessante Versuche über das Voranrollen des Erzes im Hohofen mitgetheilt.

Neunter Fall. Mancherlei Nachlässigkeiten, welche sich die Arbeiter zu Schulden kommen lassen und die sie zu verheimlichen suchen, sind nur zu oft die Ursachen eines mitunter scheinbar unerklärlichen Rohganges. So z. B. kommt es vor, daß der Aufgeber — der die Erz- und Brennmaterial-Gichten aufgebende Arbeiter — während der Nacht das regelmäßige Aufgeben verabsäumt. Der Ofen geht dann um mehrere Gichten nieder und kühlt sich dabei verhältnißmäßig ab. Ferner wird es zuweilen versäumt, mit der richtigen Temperatur und Pressung zu blasen, auch wird die periodenweise vorzunehmende Reinigung des Gestells nicht mit gehöriger Sorgfalt ausgeführt, das Nasen der Formen nicht zeitig genug beobachtet und zu verhindern gesucht u. s. w. Ist durch irgend einen solchen Umstand Rohgang eingetreten, so suchen sich die Arbeiter wohl noch gar durch Mittel zu helfen, die gerade das Entgegengesetzte von dem bewirken, was damit beabsichtigt wird.

Abhülfe des abnormen Ofenganges.

Sind die Ursachen eines abnormen Ofenganges richtig erkannt, so ergeben sich daraus die zu seiner Abhülfe nöthigen Mittel von selbst. Ein Rohgang, bei welchem sich bereits Frischeisen erzeugt und im Gestell angesetzt hat, ist natürlich nicht durch verstärkten Wind zu beseitigen; derselbe würde dadurch nur verschlimmert werden. Ueberhaupt ist es gefährlich, irgend eine Art Ofenverstopfung durch dieses Mittel heben zu wollen. Wohl aber kann eine stärkere Erhitzung der Gebläseluft in solchen Fällen — nachdem man das etwa gebildete Frischeisen beseitigt hat — von sehr guter Wirkung seyn. Eine radikale Beseitigung des Rohganges läßt sich meist nur durch zweckmäßig veränderte Beschickungs-Verhältnisse herbeiführen. Da die Wirkung derselben auf den Schmelzgang aber erst 12 — 24 Stunden nach ihrer ersten Anwendung einzutreten pflegt, so muß man sich bis dahin, wenn es nöthig ist, durch mechanische Reinigung des Gestells, stärker erhitzte Gebläseluft u. s. w. zu helfen suchen. Ein in manchen Fällen nützliches Mittel, um das Nasen — wenigstens für eine Zeit lang — zu beseitigen, besteht darin, daß man etwas Kochsalz durch die Form in den Ofen wirft. Um zu finden, ob vielleicht eine Ueberhandnahme von Gichtschwamm Schuld an Abnormitäten des Schmelzganges sey, läßt man den Ofen um einige (etwa 3 — 4) Gichten niedergehen, da sich der Gichtschwamm ziemlich tief unter der Gichtoberfläche anzusetzen pflegt. Derselbe wird, unter einstweiliger Abstellung des Gebläses, mit passen-

*) Ueber das Voranrollen des Erzes im Hohofen. Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 1, S. 556.

dem Gezähe abgeschlagen, wobei man sich vor Beschädigung des Mauerwerks zu hüten hat.

β. Betriebs-Leitung bei der Darstellung von weißem Roheisen und Spiegeleisen.

Nur das weiße Roheisen von gaarem Gange (S. 55) ist Gegenstand absichtlicher Darstellung, während das weiße Roheisen von rohem und das von heißgaarem Gange (S. 56) theils die Folge unreiner Erze, theils eines unrichtigen Betriebes sind. Es kann sich hier daher hauptsächlich bloß um die Darstellung jenes normalen weißen Roheisens handeln. Von den Principien, auf denen dieselbe beruht, ist in dem Vorhergehenden schon mehrfach die Rede gewesen. Man sehe hierüber besonders die Abschnitte: »Von den Ursachen der verschiedenen Temperatur und räumlichen Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen«, ferner »Von der Erzeugung der verschiedenen Arten des Roheisens« sowie »Construktion der Eisenhohöfen« und »Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials.« Eine theilweise, kurze Wiederholung einiger der betreffenden Hauptpunkte wird dazu dienen, uns den auf weißes Roheisen gerichteten Hohofenbetrieb um so verständlicher zu machen, und die Art seiner praktischen Leitung dadurch zu motiviren.

Bedingung zur Darstellung des weiß. Roheis.

Das gaare weiße Roheisen (weiße Roheisen von gaarem Gange), wie es sich vorzugsweise zur Stabeisenfabrikation eignet, kann nur aus leichter reducirbaren und leichter schmelzbaren, von schädlichen Bestandtheilen (Phosphor, Schwefel) ziemlich freien Erzen erzeugt werden, und erfordert zu seiner Darstellung — nächst einem weder durch jene Stoffe erheblich verunreinigten, noch zu schwer verbrennlichen Brennmaterial — eine Schmelzzone von geringem Volum und niederer Temperatur bei hinlänglich großer Kohlungszone (S. 49).

Die beiden letzteren Bedingungen sucht man vorzüglich durch eine besondere Ofenconstruktion und durch ein — im Verhältniß zum Brennmaterial-Verbrauch beim grauen Roheisen — geringeres relatives Brennmaterial-Quantum zu erfüllen. Man versieht die zur Produktion von weißem Roheisen bestimmten Hohöfen mit niedrigen und weiten Gestellen, und giebt denselben, zur Beschleunigung des Schmelzganges, mehr oder weniger steile Rasten. Das Brennmaterial-Quantum reducirt man auf ein solches Minimum, bei welchem noch nicht leicht ein wirklicher Rohgang zu befürchten ist. Ferner bedient man sich beim weißen Roheisen im Allgemeinen einer Gebläseluft von geringerer Capacität als beim grauen. Unbedingt nothwendig ist dies jedoch nicht, sondern es läßt sich unter gewissen Verhältnissen, wie namentlich mehrere Belgische Kohks-Hohöfen beweisen, auch bei stärkerer Wind-Capacität und verhältnißmäßig vermindertem relativen Kohks-Zusatz, ein gutes weißes Roheisen (fonte d'affinage) erzeugen. Als Beispiel kann uns hier ein Belgischer Hohofen von Seraing dienen, bei welchem folgende Verhältnisse stattfinden.

	Fonte de moulage (Graues Roheisen).	Fonte d'affinage (Weißes Roheisen).
Relativer Kohksverbrauch .	2,2—2,5	1,4 — 1,6
Eisengehalt der Beschickung .	34 Proc.	38—40 Proc.
Düsendurchmesser (2 Düsen).	$2^3/_4$ Z.	$3^1/_2$ Z.
Windpressung	$4^1/_2$ Z. Quecks.	5 Z. Quecks.
Windtemperatur	kalt.	70° C.

Auf anderen Belgischen Werken, wie z. B. Ougrée, wird dagegen die Produktion von grauem und weißem Roheisen hauptsächlich nur durch verschiedenen relativen Kohks-Zusatz bewirkt. Doch ist hinzuzufügen, daß man in Belgien das graue Roheisen vorzugsweise nur während der ersten Periode einer Schmelz-Campagne darzustellen pflegt (während welcher sich das Gestell durch Ausschmelzen noch nicht erweitert hat), daß aber die betreffenden dortigen Hohöfen, selbst bei jenem engeren Gestell, für die Produktion von grauem Roheisen nicht als vortheilhaft zugestellt betrachtet werden können.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß von der Gewinnung eines zur Stabeisenfabrikation möglichst geeigneten, gaaren weißen Roheisens nur dann die Rede seyn kann, sobald die dazu erforderlichen leichtflüssigen und reinen Erze vorhanden sind. Am passendsten in dieser Hinsicht sind Sphärosiderite und Brauneisensteine. Allein so manches weiße Roheisen wird aus weniger leicht flüssigen und namentlich unreineren Erzen erzeugt und zum Frischen verwendet. Ein solcher Nothbehelf rächt sich dann aber stets durch geringeren ökonomischen Erfolg bei der Stabeisengewinnung.

Abnormer Schmelzgang b. weiß. Roheis.

Ein auf weißes Roheisen gerichteter Schmelzgang kann aus seinem normalen Zustande vorzugsweise nur nach einer Richtung in einen abnormen ausarten; nämlich in einen wirklichen Rohgang, bei welchem ein zu kohlenstoffarmes weißes Roheisen und eisenreiche Schlacke erzeugt wird. Dieser Rohgang kann durch ganz analoge Umstände herbeigeführt werden, wie wir dieselben bei dem auf graues Roheisen gerichteten Ofenbetrieb kennen gelernt haben. Dagegen ist ein derartiges Ausarten des Schmelzganges, daß dabei graues anstatt weißes Roheisen erzeugt wird, nicht leicht möglich; höchstens pflegt eine periodenweise Bildung eines halbirten oder eines sehr lichtgrauen Roheisens vorzukommen.

Merkmale des gaaren und d. roh. Ganges.

Die Merkmale, an denen man beim weißen Roheisen einen gaaren Gang erkennt, sind großentheils dieselben, wie beim grauen Roheisen. Sie werden hauptsächlich nur durch den niederen Hitzgrad im Ofen, durch das kleine Volum der Schmelzzone und durch das geringere relative Brennmaterial-Quantum modificirt. Dasselbe gilt von der Erkennung des Rohganges bei dem auf weißes Roheisen gerichteten Betriebe. Im Allgemeinen sind Unordnungen im Schmelzgange bei der Produktion des weißen Roheisens nicht allein seltener, sondern auch leichter zu heben, als bei der des grauen. Oft reicht dazu

schon die zeitweise Anwendung einer schwach erwärmten Gebläseluft hin. —

Bedingung zur Darstellung des Spiegeleisens.

Die Principien, auf denen die Darstellung des Spiegeleisens beruht, sind in den oben (S. 51) citirten Abschnitten ebenfalls schon entwickelt worden. Wir wissen bereits, daß diese Eisengattung nur aus den leichtreducirbarsten, leicht schmelzbarsten und reinsten Eisenerzen erzeugt werden kann, nämlich aus Spatheisensteinen (incl. der reineren Sphärosiderite) und Braunerzen (verwitterten Spatheisensteinen); und daß solche Erze am besten mit Holzkohlen in Oefen mit weiten Gestellräumen zu verschmelzen sind.

Abnormer Schmelzgang d. Spiegeleis.

Ein Ausarten des normalen (gaaren) Schmelzganges tritt beim Spiegeleisen noch ungewöhnlicher ein, als beim weißen Roheisen, und alsdann ebenfalls nur nach einer Richtung (Rohgang), die aber, wegen der großen Leichtflüssigkeit der Erze, bloß in seltenen Fällen gefährlich werden kann. Dieser leichte Schmelzgang macht es möglich, die Darstellung des Spiegeleisens und der damit verwandten Eisengattungen — was jedenfalls zu Brennmaterial-Ersparung führt — in Hohöfen mit geschlossener Brust (Blauöfen) vorzunehmen, indem hier keine derartigen Ansätze und Versetzungen im Gestell zu befürchten sind, die bei der Darstellung des grauen Roheisens wiederholte und mühsame Reinigungen der unteren Ofenräume nöthig machen.

Merkmale des abnormen Ganges.

Von den Merkmalen zur Erkennung eines normalen und abnormen Schmelzganges gilt beim Spiegeleisen fast ganz dasselbe, wie beim weißen Roheisen. In einigen Blauöfen ist im Brustgemäuer eine kleine, gewöhnlich durch eine eiserne Platte versetzte Oeffnung, das Spähloch, angebracht, durch welches man sich von der Temperatur des Schmelzraumes überzeugen und danach Maßregeln zu einer etwa nöthigen Veränderung des Schmelzganges treffen kann.

5) Verschiedene neuere Verbesserungen des Roheisen-Schmelzprocesses und darauf bezügliche Vorschläge.

Die Anwendung der erhitzten Gebläseluft bei der Roheisengewinnung ist nicht allein von großen direkten Vortheilen begleitet gewesen, sondern sie hat auch — indem sie zeigte, welchen außerordentlichen Gewinn eine glückliche und gut ausgeführte Idee in einem ausgedehnten Industriezweige zur Folge haben kann — den indirekten Nutzen geleistet, daß sie zu ähnlichen Erfindungen anspornte. In den beiden letzten Decennien hat es daher nicht an Versuchen gefehlt, den Eisenhohofenproceß nach verschiedenen Richtungen hin zu verbessern und noch mehr gewinnbringend zu machen. Wenn auch Manches hiervon nur dazu gedient hat, die Menge der Patente zu vermehren, so ist doch Einiges von entschiedenem Nutzen für die Hohofen-Oekonomie gewesen. Von solchen Verbesserungen und Vorschlägen zu Ver-

besserungen war im ersten Bande dieses Werkes, wie im vorliegenden, bereits mehrfach die Rede. Zur Erleichterung der Uebersicht und zur Hervorhebung des Wichtigsten möge hier eine Zusammenstellung jener neueren — theils wirklich ausgeführten, theils nur in Vorschlag gebrachten — Verbesserungen folgen, soweit dieselben Berücksichtigung zu verdienen scheinen. Zugleich aber wird dasjenige Neue hinzugefügt werden, welches in dem Vorhergehenden noch keine passende Stelle fand.

Erhitzte Gebläseluft.

Erhitzte Gebläseluft. Die bedeutende Brennmaterial-Ersparung und die beträchtliche Vermehrung der absoluten Produktion, welche man durch Anwendung der erhitzten Gebläseluft beim Hohofenprocesse erreichen kann, wurden sowohl durch die Theorie als aus der Erfahrung nachgewiesen (Bd. I., S. 476; Bd. II., S. 140). Ingleichen wurde dargethan, daß der Hitzgrad der Gebläseluft von Einfluß auf die Qualität des Roheisens ist, und daß daher — besonders unter gewissen Umständen — dieser Hitzgrad kein zu hoher seyn darf (S. 141).

Stark gepreßte Gebläseluft.

Stark gepreßte Gebläseluft. Auch von den — der erhitzten Gebläseluft in gewisser Beziehung ähnlichen — Wirkungen eines stark gepreßten Windes wurde bereits mehrfach gehandelt. Man sehe hierüber unter Anderem S. 138.

Große Menge der Gebläseluft.

Große Menge der Gebläseluft. Ueber die Vortheile und Nachtheile der Anwendung großer Windmengen ist das Wesentlichste S. 138 angeführt worden.

Größere Düsen- und Formen-Anzahl.

Vertheilung der Gebläseluft durch eine größere Anzahl von Düsen und Formen. Einem jeden Metallurgen ist der Sefström'sche Gebläseofen bekannt und der hohe Hitzgrad, welcher sich in demselben erreichen läßt. Warum in diesem Ofen, durch Anwendung von 5 — 6 ringsum vertheilten Windausströmungs-Oeffnungen, eine beträchtlich höhere Temperatur hervorgebracht wird, als unter sonst gleichen Umständen bei Anwendung einer einzigen Düse, ist leicht erklärlich. Die Temperatur im Schmelzraume eines Ofens ist von der Menge der Kohlenpartikel abhängig, welche in diesem Raume (von gegebener Größe) innerhalb einer bestimmten Zeit verbrennen (Bd. I., S. 395). Die comprimirte und mit einer gewissen Geschwindigkeit ausströmende Gebläseluft erhöht die Menge jener verbrennenden Partikel im Vergleich zu einer Verbrennung unter gewöhnlichem Luftzutritt (Bd. I., S. 453 und 460); und zwar geschieht dies zum Theil dadurch, daß die Gebläseluft ihre entzündende Wirkung nicht — wie ein ungepreßter Luftstrom thun würde — auf die Oberfläche der Kohlen beschränkt, sondern diese Wirkung auf eine rings um jedes Kohlenstück laufende Schicht ausdehnt. Besonders aber wird dieses Eindringen des Windes in die poröse Masse der Kohlen an der vom Winde unmittelbar getroffenen Seite stattfinden (Bd. I., S. 454 und 455); hier wird die brennende

Schicht am stärksten seyn. Von je mehr Seiten her man also die Gebläseluft einströmen läßt, d. h. je mehr Düsen man rings um den Schmelzraum eines Ofens vertheilt, desto größer wird der in demselben erzeugte Hitzgrad. Da nun jede Temperatur-Erhöhung in der Verbrennungs- und Schmelzzone eines Eisenhohofens auch mit einer Raumausdehnung dieser letzteren verbunden ist, und da beides — ganz analog wie bei der stark gepreßten und der erhitzten Gebläseluft (S. 46, 138 und 140) — auf Vermehrung der absoluten Produktion und Brennmaterial-Ersparung hinwirkt, so folgt daraus: daß die Anwendung des Sefström'schen Princips bei den Eisenhohöfen ökonomischen Vortheil gewähren muß. Ein Hohofen, welcher nur mit einer Düse arbeitet, benutzt seine Gebläseluft in der gedachten Beziehung in der That nur wenig vortheilhaft. Zwei einander gegenüberliegende Düsen, wie sie bei der Mehrzahl der Hohöfen gebräuchlich sind, haben schon einen wesentlich besseren Effekt. Bei größeren Hohöfen bedient man sich zuweilen dreier Düsen, von denen eine in der Rückwand und eine in jeder Seitenwand liegt. Ganz besonders wichtig ist eine Vertheilung des Windes bei Hohöfen, deren Betrieb mit Anthracit (Steinkohlen) oder schwer verbrennlichen Kohks geschiebt. Die Coltneß-Hohöfen in der Schottischen Grafschaft Lanark (6 an der Zahl), welche mit rohen Steinkohlen betrieben werden, sind jeder mit 5 Formen versehen. Die Anthracit-Hohöfen der Ystalyfera-Hütte bei Swansea haben theils 4, theils 6 Düsen (und Formen), und unter den Schottischen Steinkohlen-Hohöfen giebt es einige mit einer noch größeren Anzahl — bis zu 9 — Düsen (S. 136 und 137)*). Bei leichten Kohlen würde eine solche Vermehrung der Düsenzahl aus nahe liegenden Gründen, durchaus nicht rathsam seyn. Jedenfalls aber verdient die Anwendung des Sefström'schen Princips auf die Eisenhohöfen eine größere Aufmerksamkeit, als ihr bis jetzt zu Theil geworden seyn dürfte. Auf einige Schwierigkeiten, welche sich hierbei entgegenstellen, wurde bereits S. 136 hingewiesen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß eine extreme Anwendung der Windvertheilung ganz ähnliche nachtheilige Folgen auf die Qualität des Roheisens äußern muß, als dies bei der stark erhitzten und stark gepreßten Gebläseluft der Fall ist (S. 141 und 139).

Geschlossene Formen.

Geschlossene Formen (S. 147 und 135). Daß man mit Mühe und Kosten Gebläseluft in einen Ofen preßt, um einen beträchtlichen Theil derselben zwischen Düse und Form unbenutzt wieder entweichen zu lassen, kann gewiß nicht zweckmäßig seyn. Allerdings gestattet der offene Raum zwischen Düse und Form den nothwendigen Blick in das Innere des Ofens, und der entweichende Wind beschützt durch seine abkühlende Wirkung

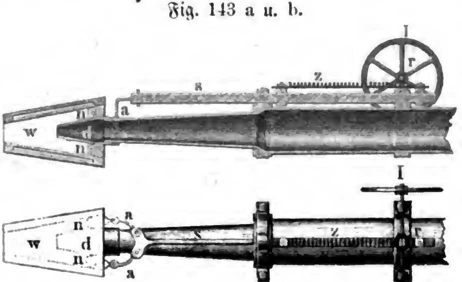
*) Auch in Schlesien soll man neuerlich Versuche mit Hohöfen von größerer Düsenzahl angestellt haben. Näheres wurde mir hierüber nicht bekannt.

die Form vor dem Abschmelzen; allein beides läßt sich auch auf eine weniger kostspielige Weise erreichen. Die nothwendige Abkühlung kann man durch eine Wasserform bewerkstelligen; der Raum zwischen Form und Düse aber kann entweder verkleinert, theilweise oder ganz verschlossen werden. Letzterenfalls ist nur eine Vorrichtung erforderlich, um ihn soweit zu öffnen, als die Beobachtung und gewisse Manipulationen es von Zeit zu Zeit nöthig machen. Sehr empfehlenswerth zu diesem Zweck ist eine konische Wasserform (Bd. I., S. 451), welche durch eine vorwärts geschobene bewegliche Düse mehr oder weniger scharf geschlossen wird. Beim Zurückziehen der letzteren entsteht jener erforderliche Zwischenraum. Um nicht bei jedesmaliger Beobachtung des Ofeninneren zu einem solchen Zurückziehen genöthigt zu seyn, kann man sich einer Vorrichtung bedienen, wie sie mitunter bei Kupol-Oefen u. s. w. angetroffen wird, nämlich beweglicher Düsen von Knieform, an deren hinterem Knie-Ende — der Düsen-Oeffnung gerade gegenüber — eine kleine Glasscheibe eingesetzt ist. Nur bei Anwendung stark erhitzter Gebläseluft dürfte eine solche Vorrichtung, wegen leichten Zerspringens des Glases, nicht praktisch seyn. — Eine Art des Form-Verschlusses, welche besonders in England gebräuchlich ist, zeigt die folgende Figur. *d* die Düse; *w* die konische

Erste Art des Form-Verschlusses.

Zweite Art des Form-Verschlusses.

Fig. 143 a u. b.



Wasserform; *n*,*n* ein beweglicher eiserner Kranz, welcher den Raum zwischen Düse und Form verschließt. Dieser Kranz steht durch die beiden Arme *a*,*a* mit der Stange *s* in Verbindung. Durch Drehung des Laufrades *l* und des daran befestigten kleinen Stirnrades *r*, welches in die Zahnstange *z* eingreift, kann der Kranz *n n* zurückgezogen und dadurch die Form geöffnet werden. — Je mehr Düsen und Formen an einem Ofen angebracht sind, desto nothwendiger wird natürlich die möglichste Vermeidung des gedachten Windverlustes. Aus diesem Grunde pflegt man vorzugsweise die mit einer größeren Anzahl Düsen betriebenen Hohöfen mit geschlossenen Formen zu versehen (S. 135—137).

Benutzung der Hohofengase als gasförmiges Brennmaterial. Hierauf Bezügliches ist Bd. I., S. 343 und 530, Bd. II.,

Benutzung der Hohofengase.

S. 41 und 112 nachzulesen. Auch die neuesten Erfahrungen bestätigen wiederholt, daß sich eine Benutzung jener Gase in dem Maße, wie man anfänglich zu hoffen wagte, nicht ohne wesentlichen Nachtheil für den Gang des Hohofens bewerkstelligen läßt. Eine so große Gasmenge — in etwa 0,3—0,33 der Schachthöhe unterhalb der Gicht — aus dem Ofenschachte abzuleiten, wie solche zur Heizung von Puddel- oder Schweißöfen erforderlich ist, hat sich als unthunlich herausgestellt. Folgendes sind die hauptsächlichsten Erfahrungs-Resultate, zu denen man in Betreff der gedachten Benutzung der Hohofengase gelangt ist.

Erfahrungs-Resultate hierbei.

1) Um, bei stattfindender Ableitung von Ofengasen, dem Gange des betreffenden Hohofens nicht wesentlich zu schaden, muß das Niveau der Ableitung möglichst hoch liegen, jedenfalls weniger tief als 0,3 — 0,33 der Schachthöhe unterhalb der Gicht.

2) Je höher dieses Niveau liegt, desto mehr Gase kann man dem Ofen ohne Nachtheil entziehen.

3) Hohöfen, welche — wie z. B. die Schottischen — mit rohen Steinkohlen betrieben werden, sind (weil in ihnen durch allmälige Verkohkung der Steinkohlen große Quantitäten brennbarer Gase von hohem pyrometrischen Wärme-Effekt entwickelt werden) ganz besonders zur Gas-Ableitung geeignet.

4) Die Temperatur, welche sich durch Verbrennung der (wasserdampfhaltigen) Ofengase mittelst kalter Gebläseluft erreichen läßt, übersteigt im günstigsten Fall schwerlich 1200° — 1300° C. Durch Anwendung erhitzter Gebläseluft läßt sich diese Temperatur unter den günstigsten Verhältnissen kaum über 1600°—1700° C. steigern, ist also immer noch zu niedrig für die in den Schweiß- und Puddelöfen auszuführenden Processe.

Ableitungsart der Hohofengase.

5) Das Auffangen und Ableiten der Gase aus dem Hohofen*) kann auf verschiedene Weise bewerkstelligt werden. a) Dadurch, daß man einen Theil des Gases durch Oeffnungen in den Wänden des Ofenschachtes entweichen, die Gichtöffnung aber wie gewöhnlich offen läßt. Dies ist die älteste, von Faber du Faur angewendete Methode, welche bereits im ersten Bande, S. 530 und 531 näher beschrieben und durch eine Zeichnung, Fig. 119, erläutert wurde. Der Nachtheil dieser ursprünglichen Einrichtung besteht darin, daß die Ableitungs-Oeffnungen zu tief — etwa 0,3 der gesammten Schachthöhe unter der Gicht — liegen, wodurch dem Ofen eine zu beträchtliche Menge nutzbaren Gases entzogen wird. Bringt man diese Oeffnungen aber beträchtlich höher an, so nehmen sie zu wenig Gas in sich auf, indem das meiste Gas aus der Gicht entweicht. — b) Durch Ableitung des Gases auf dieselbe Weise, jedoch mit Anbringung eines eisernen Gichtdeckels, welcher

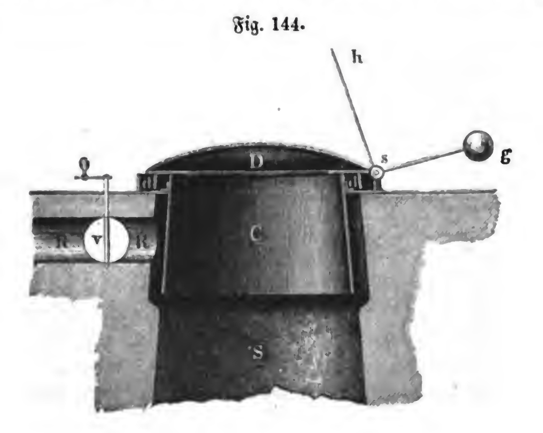
*) Montefiore Levi, die Anwendung der Hohofengase zu nutzbaren Zwecken. Mining Journ. March 9, 1850; Berg- und hüttenm. Ztg. Nr. 9., S. 353.

nur während des Aufgebens der Gichten geöffnet wird. Da man hierdurch, nur mit Ausnahme der kurzen Zeiträume des Aufgebens, den Gasen den Ausweg durch die Gicht gänzlich versperren kann, so ist es ausführbar, die Auffangungs-Oeffnungen sehr hoch anzubringen. Auch genügt eine geringere Anzahl derselben als 5 — 6, wie sie Faber du Faur anwendete. Bei einigen Hohöfen hat man, unter Anwendung eines Gichtdeckels, 1 — 2 solcher Oeffnungen als völlig genügend gefunden. — c) Indem man in der Gicht des Hohofens einen (etwa 5 — 7 F. hohen) an beiden Enden offenen Cylinder von Gußeisen oder starkem Eisenblech anbringt, dessen Durchmesser geringer als der der Gichtöffnung ist, so daß ein Theil des Gases zwischen seiner äußeren Wandfläche und der inneren Fläche der Ofenwand emporsteigen und dann durch eine oder mehrere Oeffnungen abgeleitet werden kann. Diese Vorrichtung hat große Aehnlichkeit mit der früher (Bd. I., S. 363, Fig. 80) zur Auffangung von Generator-Gasen beschriebenen; nur ist bei letzterer der eiserne Cylinder *(r)* von verhältnißmäßig größerer Länge.— d) Die eben gedachte Vorrichtung mit einem Gichtdeckel vereinigt, wodurch die Menge des aufgefangenen Gases bedeutend erhöht wird. Jedoch ist bei diesem und dem vorigen Apparate zu bemerken, daß der mehrere Fuß tief in die Beschickungs- und Brennmaterial-Säule des Hohofens hineinragende Cylinder leicht einige Unordnung beim Niedergehen der Gichten veranlaßt. Dies wird durch folgende modificirte Einrichtung vermieden, wie solche bei den 7 Hohöfen des großen Französischen Hüttenwerkes Le Creusot angewendet wird.

Französische Vorrichtung zur Auffangung der Gichtgase.

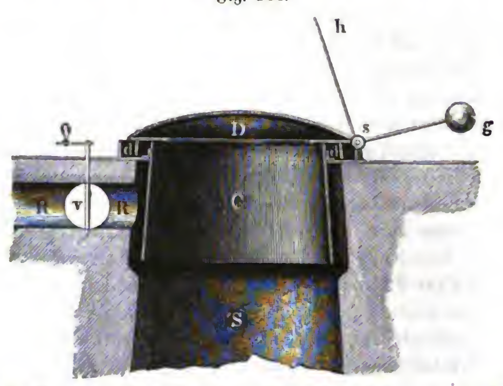
C ein konischer eiserner Cylinder. Die Wandung desselben hat ringsum eine solche Schräge, daß die Wände des Ofenschachtes *S* in der Verlängerung

Fig. 144.



derselben liegen. Das Niedergehen der Gichten findet also mit derselben Regelmäßigkeit statt wie in einem gewöhnlichen Hohofenschacht. *D* der Gicht-

Fig. 144.



deckel, bei *s* in einem Charniere beweglich. Durch den Handgriff *h* kann derselbe aufgeklappt werden, was ein bei *g* angebrachtes Gegengewicht erleichtert. Rings um den Gichtdeckel ist an demselben ein niederwärts gehender Kranz befestigt, welcher in unserer Durchschnitts-Skizze bei *d* und *d* sichtbar ist. Dieser Kranz liegt innerhalb eines ringförmigen Kastens, in welchem sich Wasser oder Sand befindet, wodurch — beim Schließen des Gichtdeckels — eine mehr oder weniger vollkommene Absperrung der Gichtgase entsteht, die dadurch genöthigt werden, ihren Weg durch das Ableitungsrohr *R* zu nehmen. Durch das Scheibenventil *v* und durch den Gichtdeckel selbst hat man die Regulirung der auf solche Weise abgeleiteten Gasmenge in seiner Gewalt. Ein gußeiserner Cylinder ist, wegen seiner beträchtlich größeren Haltbarkeit, einem Cylinder aus Kesselblech vorzuziehen. — e) Durch Anbringung einer geeigneten Vorrichtung oberhalb der Gicht. Eine Gas-Auffangung dieser Art, wie sie auf den Eisenwerken La Voulte und Terrenoire stattfindet, ist in der zuvor citirten Abhandlung Montefiore Levi's abgebildet und beschrieben. Oberhalb der Gicht ist eine Esse angebracht, aus welcher die Gase abgeleitet werden. Diese Vorrichtung hat jedoch das Unbequeme, daß sie das Aufgeben der Gichten, welches durch Thüren geschieht, erschwert, und daß während dieses Aufgebens durchaus keine Gase abgeleitet werden können. Man ist nämlich genöthigt, so lange jene Thüren geöffnet sind, das Gas-Ableitungsrohr zu verschließen, um zu verhindern, daß ein Gemenge von Gichtgasen und atmosphärischer Luft in dasselbe eindringt, was leicht eine Explosion nach sich ziehen könnte. Es scheint daher, daß folgender in England gebräuchliche Apparat, von welchem ein Modell auf der Londoner

Ausstellung zu sehen war, den Vorzug verdiene*). Fig. 145 veranschaulicht die diesem Apparate zu Grunde liegende Idee.

Englische Vorrichtung zur Auffangung der Gichtgase.

Fig. 145.

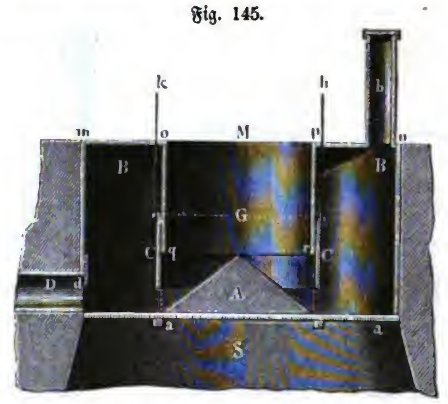


Etwa 5 F. unter der Gichtmündung M des Hohofenschachtes S ruht auf einem in die Schachtwände greifenden doppelten Tragkreuze a der gußeiserne Kegel A, dessen Spitze in der Schachtachse liegt, und dessen Rand von den Schachtwänden ringsum gegen 2 F. absteht. Auf dem Tragkreuze a ruht außerdem noch der hohle (doppelwandige), nach unten offene, gußeiserne Cylinder B, wodurch die Gichtmündung von mn auf op verengt wird. Der untere Rand qr des inneren Theils vom Cylinder B steht ungefähr $1^1/_2$ F. vom Rande des Kegels A ab, wodurch rings um den Kegel eine gegen $1^1/_2$ F. hohe Oeffnung entsteht. Diese Oeffnung kann durch die cylindrische Hülse C geschlossen oder geöffnet werden, indem diese Hülse an zwei Zugstangen kh aufgehängt ist, die am oberen Ende mit einem Hebelwerke verbunden, und durch dieses mit Leichtigkeit aufzuziehen oder niederzulassen sind, wodurch die Hülse C mit ihrem unteren Rande entweder bis in den Horizont von qr gehoben, oder bis auf den Rand des Kegels A niedergelassen werden kann. Gewöhnlich sitzt die Hülse C am Rande des Kegels A auf, wodurch die gedachte Oeffnung und somit die ganze Gichtmündung geschlossen ist. In diesem Zustande wird der abgeschlossene innere Raum G, welcher ein cylindrisches Gefäß mit konisch erhabenem Boden vorstellt, mit der nächsten Kohlengicht gefüllt. Ist nun die Zeit zum Aufgeben der Gichten gekommen, so wird die cylindrische Hülse am Hebelwerke aufgezogen, die Kohlen rollen

*) Direktor Tunner in dessen Berg- und hüttenm. Jahrb. Bd. 2, S. 203. Hieraus: Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 11, S. 606.

rings um den Kegel *A* in den Schachtraum nieder, und hierauf wird die Hülse gleich wieder niedergelassen; sofort wird in gleicher Weise die Erzgicht

Fig. 145.



zuerst in daß Gefäß *G* gestürzt und aus diesem in den Ofenschacht rollen gelassen. Die Gichtmündung bleibt daher selbst während des Aufgebens kaum ein paar Secunden theilweise offen und ist die ganze übrige Zeit durch die Hülse *C* und die im Gefäße *G* vorbereitete Gicht geschlossen. Wie hieraus ersichtlich, ist bei dieser Vorrichtung die Gichtmündung gleichsam durch das Gichtengefäß selbst, welches an der Gichtmündung in den Schacht eingebaut ist, abgeschlossen. Daß hierbei die Kohlen in gleicher Weise wie die Erze aufgegichtet werden müssen, mag einen kleinen, für keinen Fall aber sehr wahrnehmbaren Nachtheil haben. Um sich vom jedesmaligen Stande der niedersinkenden Gichtenoberfläche zu überzeugen, danach also genau die Zeit zum Einlassen der neuen Gichtenfüllung ermessen zu können, kann an einer beliebigen Stelle der ringförmigen Gichtplatte *mo* und *np* die Stange für einen gewöhnlichen Gichtenmesser niedergeführt werden. Der Raum des hohlen Cylinders *B* dient zur Ansammlung der ringsum emporsteigenden Gichtgase. Durch den Kanal *D*, welcher zur Regulirung der abziehenden Gasmenge, hauptsächlich aber zum gänzlichen Abschlusse der Gase im Falle einer vorzunehmenden Reinigung der Kanäle mit einem Schieber *d* versehen ist, geschieht das Ableiten der Gichtgase, die mittelst anschließender Röhren sofort zu ihren Verbrauchsorten geführt werden. Außerdem ist der Raum *B* noch mit einer aufgesetzten kleinen Esse *b* verbunden, die am oberen Ende einen Schieber oder eine Klappe hat und die mit Bezugnahme auf die Stellung des Schiebers *d* zur Regulirung der Gasableitung dient. Mit dieser bei jedem Hohofen leicht anzubringenden Vorrichtung ist demnach ohne alle

Beirrung des Aufgebens, und ohne dem Hohofen von den noch wirksamen heißen Gasen etwas zu entziehen, eine vollständige Benutzung der Gichtgase möglich, was durch die Erfahrung auf etlichen Englischen Hohöfen nachgewiesen, daher um so mehr empfehlenswerth erscheint.

Anwendung der Gichtgase zur Heizung von Dampfkesseln.

6) Eine äußerst vortheilhafte und namentlich in England und Frankreich schon sehr verbreitete Anwendung der abgeleiteten Hohofengase besteht darin, dieselben zur **Heizung von Dampfkesseln** zu verbrennen. Nach **Montefiore Levi***) wurden im Jahre 1850 auf den Eisenwerken der Ebbw Vale-Compagnie von den hier vorhandenen 25 Dampfkesseln (für 5 Gebläsemaschinen zum Betriebe von 11 Hohöfen) bereits 19 derselben mit Hohofengasen gefeuert, ohne nebenbei irgend ein anderes Brennmaterial zur Aushülfe nöthig zu haben. Eine Beschreibung der näheren Einrichtung der betreffenden Apparate findet man in dem citirten Aufsatze. **Palmer Budd****) giebt an, daß die Hohofengase aus den sechs Anthracit-Hohöfen zu Ystalifera (bei Swansea) 3 F. unterhalb der Gicht abgeleitet, zuerst — durch bloße Mittheilung ihrer Wärme — zur Erhitzung der Gebläseluft benutzt und darauf unter den Dampfkesseln verbrannt werden, welche die zum Betriebe der Cylinder-Gebläse dienenden Dampfmaschinen speisen.

Anwendung der Gichtgase zur Röstung d. Eisensteine.

7) Eine andere wichtige Anwendung der Hohofengase, wie sie zuerst in Schweden und später in Schottland ausgeführt wurde, besteht in der **Röstung der Eisensteine** mittelst derselben. Ueber die Schwedische Eisenstein-Röstung mit Hohofengasen findet man werthvolle Mittheilungen in Jern-Kontorets Annaler der Jahre 1846—1849***). Wir entlehnen hier Folgendes. Nachfolgende Figur (s. f. S.) zeigt die Construktion eines mit Hohofengasen gefeuerten Eisenerz-Röstofens, wie solcher im Jahre 1848 auf dem Hüttenwerk Tenninge in Stora Kopparbergs Län errichtet worden ist†). Fig. 146, a, senkrechter Durchschnitt des Ofens nach der Linie EF in b; Fig. 146, b, horizontaler Durchschnitt nach AB in a. Damit die innere Einrichtung um so deutlicher hervortrete, ist im Vertikal-Durchschnitte a ein Theil des Gemäuers, oberhalb der Linie cd, weggebrochen gedacht, und zwar so weit, daß die vertikale Schnittfläche hier der Linie GH in b entspricht. Aus demselben Grunde ist im Horizontal-Durchschnitte b ein Theil des horizontalen Schnittes, zwischen tu und vw, höher liegend als der übrige ange-

*) Die Anwendung der Hohofengase zu nutzbaren Zwecken. Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9, S. 353 und S. 369.

**) Verbesserungen an Hohöfen. Brgksfrnd. Bd. 13, S. 517. Ueber den Werth der Gase, welche aus den Hohöfen der Ystalifera-Eisenwerke in Wales entweichen. Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9, S. 673.

***) Im Auszuge durch Direktor **Tunner** in dessen Jahrb. Bd. II., S. 203; und daraus in Berg- und hüttenm. Ztg. B. 11, S. 601.

†) Jern-Kontorets Ann. 1849, Heft 4, S. 201.

nommen, nämlich der Linie *CD* in *a* entsprechend. Das Ofengemäuer besteht aus dem Rauchgemäuer *R*, welches mit mehreren Eisenringen umfangen

Fig. 146, a.

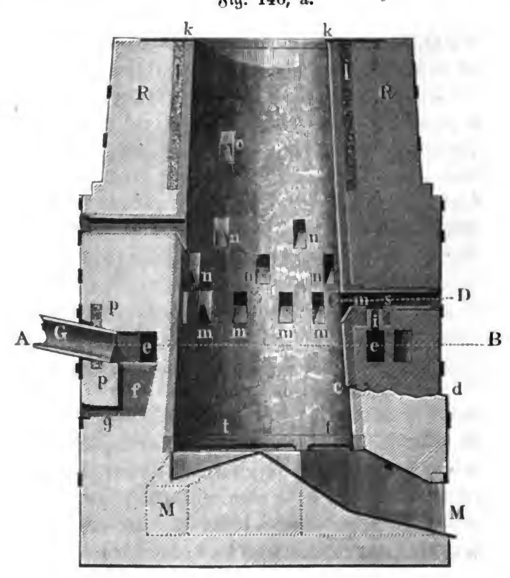
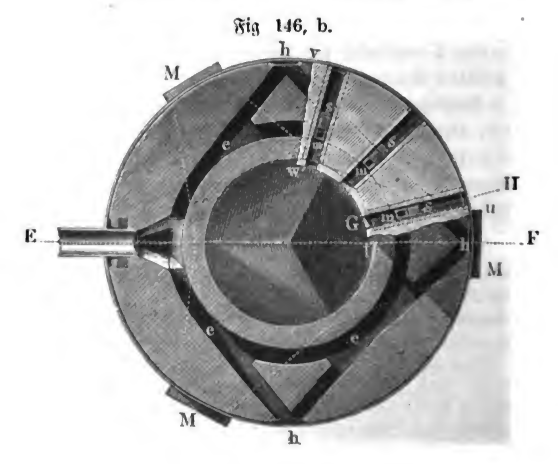


Fig 146, b.



ist, und dem Kerngemäuer *k*, zwischen welchen beiden im oberen Theile eine Füllung *l* angebracht ist. Der mit Gußeisenplatten belegte Boden des Schachtes bildet nach drei Seiten hin Abdachungen, welche zu den drei Auszugsöffnungen *M* führen. Letztere sind mit gut schließenden Eisenthüren versehen, die ihrerseits wieder — mit Reibern zu verschließende — Löcher von 2 Z. Durchmesser haben, damit der Luftzutritt besser regulirt werden kann. *t* sind gußeiserne Tragstücke (am inneren Rande über jeder Ausziehöffnung eins angebracht), unter einander mit Klammern verbunden und das Kerngemäuer tragend. Die Zuführung der Hohofengase erfolgt durch die 12 Z. weite eiserne Röhre *G*, welche innerhalb des Gemäuers, zum Zwecke des Dichthaltens, mit der Aschenfüllung *p* umgeben ist. Von der Ausmündung dieser Röhre verbreiten sich die Gase, nach theilweiser Absetzung des Flugstaubes in der (mit dem gut zu verschließenden Ausräumungs-Kanale *g* communicirenden) Vertiefung *f*, durch den ringförmigen Kanal *e* um den ganzen Ofen herum. Ein anderer Theil des abgesetzten Flugstaubes wird alle 8—14 Tage durch die drei mit Thüren versehenen Oeffnungen *h* entfernt. Aus dem Kanal *e* steigen die Gase durch 12 ringsum gleichmäßig vertheilte Füchse *i* in 12 darüber befindliche, nach der Schachtachse gerichtete Kanäle *m*, und aus diesen — da dieselben nach außen hin durch eiserne Thüren luftdicht verschlossen sind — strömen sie in das Innere des Ofens, woselbst sie durch die atmosphärische Luft, welche durch die drei Auszugsöffnungen *M* in den Schacht gelangt, verbrannt werden. Durch einen Ziegelschieber *s* kann die aus jedem Fuchse *i* austretende Gasmenge regulirt werden. Oberhalb der 12 Gaskanäle *m* sind noch zwei Reihen anderer radialer Kanäle *n*, in jeder Reihe 6, angebracht, welche zur Beobachtung des Röstprocesses und zur etwa nöthigen Nachhülfe mittelst einzuführender Brechstangen dienen, und ebenfalls durch eiserne Thüren verschlossen gehalten werden. Zur noch größeren Vorsicht befinden sich höher aufwärts noch einige andere Späh-Oeffnungen *o*, die jedoch selten in Gebrauch kommen und mit Ziegelsteinen versetzt sind. Ist der Röstproceß einmal im regelmäßigen Gange, so ist die Wartung dieses Röstofens einfacher und mit weniger Arbeit verbunden, als bei jedem anderen continuirlich betriebenen Schachtröstofen. Im Beginn der Röstung wird der untere Raum des Schachtes bis zur oberen Kante der Gaskanäle *m* mit bereits gerösteten, weiter hinauf aber mit rohen Erzen gefüllt. Die Dimensionen des Ofens anlangend, so ist die Schachthöhe (von den Trageisen *t* bis zur Gicht) 16 F., der Gichtdurchmesser 5 F., der untere Schachtdurchmesser (bei jenen Trageisen) 7 F. Die Gasausströmungs-Oeffnungen *m* liegen $4^1/_2$ F. über den Trageisen, und jede dieser 12 Oeffnungen ist an ihrer Ausmündung in den Schacht $^1/_2$ F. breit und 1 F. hoch. In 24 Stunden werden in einem solchen Ofen 250 Ctr. dichte Magneteisensteine und Eisenglanz geröstet. In der Regel wird alle $1^1/_2$

Stunden bei jeder der drei Ausziehöffnungen einmal Erz gezogen. Man braucht dabei den Gasschieber, welcher die durch die Röhre *G* eintretende Gasmenge regulirt, auf einigen Schwedischen Hütten nur etwa $1^1/_2$—2 Z. hoch zu öffnen, so daß in diesen Fällen eine Einströmungs-Oeffnung (in der Form eines Türkischen Halbmondes) von ungefähr 20 Quadr.-Z. hinreichend gewesen ist, um die ganze zum Rösten nothwendige Gasmenge zu liefern. — Auf der Coltneß-Hütte in Schottland*), welche sechs mit rohen Steinkohlen betriebene Hohöfen enthält, werden die Gichtgase nicht allein zur Feuerung der Dampfkessel für die Gebläsemaschinen, sondern auch zum Rösten der Eisenerze und zum **Brennen des Zuschlagkalksteins** benutzt. Die hier angewendeten Röstöfen, welche zugleich zum Kalkbrennen dienen und eine wesentlich andere Construktion als die eben beschriebenen Schwedischen Oefen besitzen, findet man an den eben citirten Stellen abgebildet und beschrieben.

[Margin: …nwendung …r Gichtgase …n Brennen …s Zuschlag-…alksteins.]

Beim Rösten der Eisenerze durch die Hohofengase verdient es Berücksichtigung, daß letztere mitunter in nicht unbeträchtlichem Grade schwefelhaltig sind, daß also die Erze hierdurch einer Aufnahme von Schwefel ausgesetzt werden. Wo man gleichwohl nur ein schwefelhaltiges Brennmaterial (Steinkohlen, Kohks) zum Erzrösten anwenden kann, ist dies gleichgültig; wo man aber in der Lage ist, die Röstung mit schwefelfreiem Brennmaterial auszuführen, würde die Anwendung der Hohofengase eine entsprechende Verunreinigung der Erze nach sich ziehen. Sowohl für diesen Fall, als überhaupt, erscheint es räthlich, die Gas-Röstung mit der S. 77 beschriebenen Wasserdampf-Röstung zu combiniren, was hinsichtlich der hierzu nöthigen Vorrichtung nicht eben schwierig seyn würde. Die Erzeugung der erforderlichen Menge Wasserdampf würde, bei Anwendung der Gichtgase auch zu dieser Feuerung, so gut wie keine Kosten verursachen.

Vollkommen wahr ist die Aeußerung Direktor **Tunner's** in dem oben citirten Aufsatze: daß die Benutzung der Hohofengase, von der man anfangs zu viel erwartete, hinterher wieder zu voreilig verworfen worden sey. Wenn sich bei Benutzung dieser Gase zum Raffiniren, Puddeln oder Schweißen des Eisens in der That allenthalben zu große Schwierigkeiten ergaben, so ist daraus noch nicht zu folgern, daß auch ihre Verwendung zu weniger schwierigen Feuerungen — wie zur Heizung der Lufterhitzungs-Apparate, der Dampfkessel, der Eisenstein-Röstöfen, der Darr- und Trockenöfen für Holz und Torf, der Oefen zum Brennen des Zuschlagkalkes u. s. w. — kein gutes Resultat erwarten lasse. Die Erfindung **Faber du Faur's** wird daher sicherlich von dem entschiedensten Nutzen für die Eisenhütten-Oekonomie seyn.

---

*) Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 11, S. 579, aus dem Mining Journal Mai 22, 1852.

Benutz der Gic flamm

Benutzung der Gichtflamme. Da eine direkte Benutzung der Gichtflamme natürlich stets nur in unmittelbarer Nähe der Gicht geschehen kann, so ist dieselbe eine weit beschränktere und im Allgemeinen weniger zweckmäßige, als die vorgedachte Benutzung der Ofengase. Je mehr letztere, wie zu erwarten steht, überhand nehmen wird, desto mehr wird erstere dadurch verdrängt werden. Einiges Nähere über die Anwendung der Gichtflamme zu verschiedenen Zwecken wurde schon im ersten Bande (S. 528 und an einigen anderen dort citirten Stellen) mitgetheilt. Die jetzt noch häufigste Anwendung derselben, wenigstens in Deutschland, besteht in der Heizung der Lufterhitzungs-Apparate (Bd. I., S. 485).

Anwend halb v kohlter unverk Brenn terial

Anwendung halb verkohlter und unverkohlter Brennmaterialien. Die Anwendung der **Rothkohle**, des **gedarrten** und des **lufttrocknen Holzes** wurde schon im ersten Bande, S. 505—514, einer näheren Betrachtung unterworfen, soweit es die auf unserem damaligen Standpunkte erlangte Einsicht in den Hohofenproceß gestattete. Jetzt, nachdem wir diesen Proceß genauer kennen gelernt haben, dürfte noch Folgendes hinzuzufügen seyn. Aus dem früher (loc. cit.) geschilderten Verhalten der genannten Brennmaterialien im Hohofenschachte ergiebt sich zunächst, daß dieselben eine bedeutende **Vergrößerung der Vorwärmzone** (S. 14 und 43) bewirken, und überhaupt: im ganzen Ofenschachte die Temperatur von oben niederwärts deprimiren. Es werden folglich alle übrigen Ofenzonen (Reduktions-, Kohlungs-, Schmelz- und Verbrennungszone) mehr oder weniger an Volum abnehmen, wodurch, wie die Erfahrung vollkommen bestätigt, sehr leicht Rohgang eintreten kann. Zur Verhinderung dieses Uebelstandes bedient man sich der erhitzten Gebläseluft. Dadurch entsteht eine von unten aufwärts wirkende Temperatur-Erhöhung, welche — unter Mitwirkung jener sich von oben niederwärts verbreitenden Temperatur-Erniedrigung — ein ähnliches Volum-Verhältniß der Ofenzonen hervorbringt, wie es S. 43 und 44 (Fig. 125) der **dritte Fall** darstellt. Das Anwachsen der Vorwärmzone einerseits, und die — durch die erhitzte Gebläseluft bewirkte — Vergrößerung der Schmelzzone andererseits, beschränken die Reduktions- und Kohlungszone auf ein Minimum. In Folge hiervon kann es geschehen, daß leicht schmelzbare Erze in einem nur theilweise reducirten Zustande von der Schmelzung überrascht und zum Theil in die Schlacke geführt werden. Ist die erhitzte Gebläseluft von keiner hohen Temperatur, so vermag auch sie unter diesen Umständen nicht immer den Rohgang zu verhüten. Jedenfalls ist also die Anwendung der in Rede stehenden Brennmaterialien im Allgemeinen nur bei schwerer schmelzbaren Erzen anzurathen. Ob sie aber hier mit erheblichem ökonomischem Gewinn betrieben werden kann, das ist großentheils von lokalen Verhältnissen abhängig, wie solche Bd. I., S. 513 und 514 näher bezeichnet sind. Stellt sich die gedachte Anwendung in dieser Hinsicht als vortheilhaft

heraus, so ergiebt es sich aus nahe liegenden Gründen als zweckmäßig, einen Hohofen mit möglichst hohem Schachte anzuwenden, dessen oberer Theil gewissermaßen als Verkohlungsraum dient. Nur tritt hierbei der Umstand beschränkend in den Weg, daß — wie Ebelmen gezeigt hat — die im Hohofen selbst durch Verkohlung jener Brennmaterialien gebildeten Kohlen eine rissige und leicht zerdrückbare Beschaffenheit zu haben pflegen, welche dieselben keinesweges geeignet macht, eine hohe Beschickungssäule zu tragen. — Ueber die auf einigen Hüttenwerken versuchte theilweise Anwendung des Torfes in Eisenhohöfen ist das Wesentlichste Bd. I., S. 514 angeführt worden.

ebrann- kalk an- tt Kalk- in als schlag.

Anwendung gebrannten Kalkes anstatt des Kalksteins, als Zuschlag bei den Hohöfen. Montefiore Levi und Emil Schmidt*) haben dargethan, daß die bisher allgemein gebräuchliche Anwendung ungebrannten Kalksteins als Zuschlag mit einer Verschwendung von Brennmaterial verknüpft ist. Nicht allein, daß die im Hohofenschachte aus dem Kalkstein entweichende Kohlensäure eine bedeutende Wärmemenge latent — und daher für den Hohofenproceß nutzlos — macht, außerdem aber noch zu einer verhältnißmäßigen Abkühlung der übrigen Ofengase beiträgt (indem sie sich mit diesen in ein Temperatur-Gleichgewicht setzt); sondern diese Kohlensäure wirkt auch noch dadurch erheblich nachtheilig, daß sie bei ihrem Aufsteigen durch die glühenden Kohlenschichten zum Theil in Kohlenoxydgas umgewandelt wird. Hierbei besteht die schädliche Wirkung nicht bloß in einer Kohlenstoff-Entführung, sondern zugleich auch in der mit jener Umwandlung verknüpften Temperatur-Erniedrigung (S. 19). Auf diese Weise läßt sich einsehen, welche beträchtliche Brennmaterial-Ersparung durch Anwendung gebrannten Kalkes anstatt des Kalksteins besonders bei denjenigen Hohöfen erfolgen kann, welche, wie die Belgischen, sich eines Kalkstein-Zuschlages bedienen, der sich mitunter auf mehr als 35 — 40 Procent der Erzbeschickung beläuft. Die von Montefiore Levi und Emil Schmidt auf dem Belgischen Eisenwerke Ougrée in dieser Beziehung erhaltenen Erfahrungs-Resultate sind in Kürze folgende. Nachdem es sich durch einen im Jahre 1849 angestellten Versuch ergeben hatte, daß durch Anwendung des gebrannten Kalkes eine Brennmaterial-Ersparung von ungefähr 10 Proc. erreicht worden war, unternahm man im folgenden Jahre ein zweites Probeschmelzen, bei welchem von drei — übrigens ganz gleich betriebenen — Hohöfen einer mit gebranntem Kalk, die beiden anderen aber mit Kalkstein beschickt wurden. Nach einem, während 6 Monaten festgesetzten Betriebe dieser Art (über welchen die näheren Angaben in der citirten Abhandlung zu finden sind) stellte es sich heraus, daß der Zuschlag von gebranntem Kalk den Kohksverbrauch für 100

*) Mining Journal, 1851, Januar. — Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins, Jahrgang IV, Nro. 14, S. 145.

Kilogr. erzeugtes Roheisen um nicht weniger als $14^3/_4$ Kilogr. (von 162 Kilogr. bis auf $147^3/_4$ Kilogr.) vermindert, außerdem aber auch noch eine Vermehrung der absoluten Produktion von 22—24 Proc. zur Folge gehabt hatte. Durch dieses überaus günstige Resultat veranlaßt, hat man sich seit jener Zeit zu Ougrée unausgesetzt des gebrannten Kalkes bedient, und zwar bis auf die neueste Zeit mit unverändert gutem Erfolge. Der jährliche ökonomische Gewinn wird von den genannten Autoren zu mehr als 30,000 Frcs. für einen Hohofen der gedachten Art*) berechnet, wobei die Kosten für das Kalkbrennen schon in Abzug gebracht worden sind. Nicht weniger ausgezeichnete Resultate hat man auf einigen Eisenhüttenwerken in England und Wales erhalten. Auf der Hütte Abersbyne sind dieselben sogar noch günstiger ausgefallen, als zu Ougrée, indem sich eine Kohks-Ersparniß von 12 Kilogr. für jede früher verbrauchte 100 Kilogr. Kalkstein ergeben hat. — Wenn sich auch diese sehr beträchtlichen ökonomischen Vortheile bei Hohöfen, welche mit weit geringeren Kalkzuschlägen als die Belgischen betrieben werden, entsprechend vermindern, so giebt es doch Hüttenwerke genug, welche von dieser Verbesserung des Hohofen-Betriebes wesentliche Vortheile ziehen können.

Richtige Ofenconstruktion. Auf die große Wichtigkeit einer den lokalen Verhältnissen (Beschaffenheit der Erze, des erzeugten Roheisens und des Brennmaterials, Windcapacität u. s. w.) angepaßten Ofenconstruktion ist man in neuerer Zeit mehr und mehr aufmerksam geworden. Wenn sich für einen solchen Zweck auch keine allgemein gültigen Regeln aufstellen lassen und Vieles in dieser Beziehung der Beobachtung und dem Urtheil der Betriebs-Officianten anheimgestellt bleibt, so giebt es doch auch hier gewisse Principien, von denen man ausgehen muß, um zu einem gewünschten Ziele zu gelangen. Was die theoretische Betrachtung im Verein mit der praktischen Erfahrung an solchen Principien herausstellt, findet man der Hauptsache nach in dem Abschnitte Construktion der Eisenhohöfen (S. 80) angegeben. Ferner sehe man hierüber S. 126. Auch ein Aufsatz von Völckner**) liefert ein interessantes Beispiel, welchen bedeutenden Einfluß die innere Ofenconstruktion — hier allerdings zugleich vereint mit anderen Umständen — auf die Betriebs-Resultate eines Hohofens auszuüben vermag.

Richtig. Ofenconstruktion

*) Ein solcher Ofen ist etwa 50 F. hoch, und es wurden früher zu seiner Beschickung während 24 Stunden 20,000 Kilogr. Kalkstein als Zuschlag verbraucht, welche man jetzt durch 63 Proc., also durch 12,600 Kilogr. gebrannten Kalk ersetzt.

**) Zustand des Hohofen-Betriebes der Alexandrof'schen Stückgießerei, im Verlaufe des Jahre 1843 und 1844; vom Kaiserl. Russ. Stabscapitain Völckner. Aus dem Russ. Berg-Journal (1845, Heft 1, S. 58) in Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 11, S. 561.

…endung … Wasser- …mpfen.

Anwendung von Wasserdämpfen zur Darstellung eines möglichst schwefelfreien Roheisens. Die Anwendung der Wasserdämpfe bei der Erzröstung, ein vortreffliches Mittel zur Entschwefelung des Eisensteins, wurde S. 77 beschrieben und der hierbei in Rußland gebräuchliche v. Nordenskjöld'sche Röstofen durch eine Zeichnung, Fig. 130, erläutert. Wie schon erwähnt (S. 180), dürfte es nicht schwierig seyn, die Schwedische Erzröstung mittelst der Gichtgase mit dieser Dampfröstung zu combiniren. — Von der vortheilhaften Wirkung einer beschränkten Menge Wasserdampf im Hohofen war S. 30 und 31 die Rede. Wenn auch die eben erwähnte Wasserdampf-Röstung unzweifelhaft ein wirksameres und bequemeres Entschwefelungsmittel ist, als eine Anwendung von Wasserdämpfen im Hohofen selbst, so dürfte letztere doch bei allen Hohöfen, welche mit einem mehr oder weniger schwefelhaltigen Brennmaterial betrieben werden, in Erwägung zu ziehen seyn. Denn auch in dem Falle, daß man diese Hohöfen mit einem dampfgerösteten Erze beschickt, würde durch den Einfluß jener Brennmaterialien im Hohofen immer wieder ein schwefelhaltiges Roheisen erzeugt werden. Doch käme hierbei noch in Frage, ob es nicht — wenigstens bis zu einem gewissen Grade — ausführbar sey, die zum Hohofenbetriebe angewendeten Kohks durch Wasserdämpfe zu entschwefeln? Es ist eine alte Erfahrung, daß sich bei dem Begießen mit Wasser der aus den Kohksöfen gezogenen glühenden Kohks Schwefelwasserstoff entwickelt. Eine Anwendung von Wasserdämpfen im Kohksofen selbst würde viel wirksamer sein; nur dürfte sie natürlich bloß während einer kurzen Periode (vor dem Ausziehen der Kohks) angewendet werden, da eine zu lange fortgesetzte Einwirkung der Wasserdämpfe auf die glühenden Kohks eine beträchtliche Gewichtsabnahme der letzteren zur Folge haben müßte.

…igung …es Roh- …eisens.

Reinigung des Roheisens durch verschiedene in Vorschlag gebrachte Mittel. Die guten Erfolge, welche man auf mehreren Hüttenwerken durch Anwendung des bekannten Schafhäutl'schen Mittels zur Reinigung des Eisens beim Frischprocesse ($1^3/_4$ Gwthl. Braunstein, $3^3/_4$ Gwthl. Kochsalz und $^2/_3$ Gwthl. Töpferthon) erhalten hatte, veranlaßten einen Französischen Chemiker*), dieses Mittel in modificirender Gestalt auch zum Umschmelzen von unreinem — namentlich schwefelhaltigem — Roheisen im Kupolofen vorzuschlagen und versuchsweise in Anwendung zu bringen. Derselbe empfiehlt zu diesem Zwecke ein Gemenge von $^1/_2$ Gwthl. Braunstein und $2^1/_2$ Gwthl. Salmiak; indem er zugleich darauf aufmerksam macht, daß der allerdings verhältnißmäßig hohe Preis des Salmiaks dadurch vielleicht bedeutend ermäßigt werden könnte, wenn man die Kohlengewinnung aus den Steinkohlen mit

---

*) Bulletin du Musée de l'industrie, 1844, 3 livr., p. 19. Hieraus in Bergwerksfreund Bd. 9, S. 165, sowie in Berg- u. hüttenm. Ztg. Bd. 4, S. 830.

einer Salmiakgewinnung vereinigen wollte. Jenes Gemenge wurde in kleinen Portionen durch die Formen in den Kupolofen gebracht. Das hierbei erhaltene Roheisen soll, obgleich das zum Umschmelzen angewendete Eisen sehr schwefelhaltig war, nur eine kaum bestimmbare Menge Schwefel enthalten haben; doch fiel es weiß aus. Wenn dieses Mittel sich für Kupolöfen als praktisch herausstellen sollte — was einstweilen jedoch noch keineswegs erwiesen ist — so würde seine Anwendung wohl auch bei Hohöfen zu empfehlen seyn. — Poole*) macht den sehr allgemein hingestellten Vorschlag, zur Reinigung des Gußeisens ein Gemenge von Eisenoxyd, Chromeisenstein (?), Braunstein, salpetersauren und chlorsauren Salzen anzuwenden, welches Gemenge entweder durch die Formen in den Hohofen gebracht, oder mit dem geschmolzenen Roheisen zusammengerührt werden soll. — Calvert**) räth zu gleichem Zwecke die Anwendung von bloßem Chlornatrium an. Drei im Großen hiermit angestellte Versuche (in zwei Schottischen und einem Walliser Hohofen) haben gute Resultate ergeben. Die mittlere relative Festigkeit von gußeisernen Stäben — von 1 Quadr.-Z. Engl. Querschnitt und 5 F. Engl. Länge, auf zwei Lagern von 4 F. 6 Z. Engl. Entfernung ruhend —, von denen mehrere aus gewöhnlichem schwefelhaltigen, andere aus dem nach der gedachten Methode gereinigten Roheisen dargestellt waren, verhielt sich wie 475 Pfd. : 550 Pfd. = 1 : 1,158. Das Roheisen der ersten Art enthielt 0,6 Proc., das gereinigte nur 0,1 Proc. Schwefel. Calvert glaubt auch, auf eine nicht näher angegebene Art, mittelst des Kochsalzes schwefelfreie Kohks darstellen zu können. — Die reinigende Eigenschaft der hier angeführten Mittel beruht größtentheils auf der chemischen Wirkung, welche Chlor und Chlornatrium auf geschmolzenes schwefelhaltiges Roheisen ausüben. Durch die Einwirkung von Chlor scheint sich sowohl Eisenchlorid als Chlorschwefel zu bilden, während Chlornatrium sich mit Schwefeleisen zu Eisenchlorid und Schwefelnatrium zerlegt, welches letztere von der Schlacke aufgenommen wird. — Noch ist hier eines in Vorschlag gebrachten Roheisen-Reinigungsmittels, wenigstens der Eigenthümlichkeit desselben wegen, zu gedenken. Arthur Wall***) glaubte nämlich, einen galvanischen Strom, welchen er auf flüssiges Roheisen einwirken ließ, zur Abscheidung von verunreinigenden Stoffen aus letzterem benutzen zu können. Von geglückten Versuchen dieser Art ist jedoch bis jetzt nichts bekannt geworden.

---

*) Rep. of patent. invent., 1848, Februar, S. 102—107. Hieraus in Polyt. Centralblatt, 1848, Nro. 10, sowie in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 7, S. 492.

**) Compt. rend., 1852, September, Nro. 13. Hieraus in Dingler's polyt. Journal Bd. 126, S. 112, sowie in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 12, S. 149.

***) Bergwerksfreund, Bd. 10, S. 195.

Verstärkung des Gußeisens.

Verstärkung des Gußeisens*). Das patentirte Verfahren von Morries Stirling zur Darstellung eines ungewöhnlich festen Gußeisens besteht einfach darin, Gußeisen und Stabeisen mit einander zu legiren, wodurch ein Eisen erhalten wird, dessen Eigenschaften zwischen den der genannten Eisensorten stehen. Zu dem Ende werden dünne Stabeisenstücke (wie Nägel, Drahtabfälle, Drahtspäne u. s. w.) in die Formen gebracht, in welche man das Roheisen aus dem Hohofen absticht. Die auf solche Weise dargestellten Roheisengänze werden in England unter dem Namen „Stirlings patent toughened pigs" verkauft und sollen, wenn sie im Kupolofen umgeschmolzen werden, ein Gußeisen ganz vorzüglicher Art geben. Die absolute Festigkeit dieses Eisens variirt natürlich mit dem Gewichtsverhältniß des zugesetzten Schmiedeeisens, soll aber die besten Sorten Schottischen Roheisens durchschnittlich um 70—90 Proc., in einigen Fällen sogar um 120—125 Proc. übertreffen. Die Gewichtsmengen des zugesetzten Stabeisens betrugen 15—40 Proc. Schlechtes Roheisen erforderte natürlich einen größeren Zusatz, um auf eine gewisse Festigkeit gebracht zu werden, als besseres. In Gegenden, wo Schmiedeeisen-Abfälle billig genug zu haben sind, dürfte dieses Verfahren gewiß Beachtung verdienen.

Verschmelzung titanhaltiger Eisensteine.

Verschmelzung titanhaltiger Eisensteine. Ein Zusatz von mehreren Procenten Titaneisenstein zu einer gewöhnlichen Hohofen-Beschickung bringt bekanntlich schon einen sehr schweren Schmelzgang hervor. Auf einem Norwegischen Eisenhüttenwerke versuchte man die Strengflüssigkeit einer solchen titanhaltigen Beschickung dadurch zu vermindern, daß man einen beträchtlichen Kalkzuschlag gab. Man hoffte hierbei, das Titan als titansauren Kalk in die Schlacke zu bringen. Jedoch glückte dies nicht; wohl aber, als man zugleich für das Vorhandensein einer gewissen Menge Kieselerde sorgte, so daß ein gewisses Verhältniß von titansaurem Kalk zu kieselsaurem Kalk gebildet wurde. Durch ein solches Verfahren soll man sogar dazu gelangt seyn, reinen Titaneisenstein auf Roheisen zu verschmelzen. — Die Ursache der Strengflüssigkeit einer titanhaltigen Beschickung rührt zum Theil vielleicht daher, daß das Titan im unteren Schachtraume das zur Kohlung des Eisens so wirksame Cyan (S. 9 u. 18) absorbirt, und damit die bekannte Cyan-Stickstoff-Verbindung (S. 8) bildet. Solchenfalls würden **kalihaltige Zuschläge** von Nutzen seyn. Ueberhaupt wäre es durch Versuche zu ermitteln, ob gewisse kalihaltige (oder natronhaltige) Zuschläge — wegen der entsprechenden Cyankalium- (oder Cyannatrium-) Bildung, welche dieselben im Hohofen veranlassen (S. 7) — nicht überhaupt beim Hohofen-Processe mit erheblichem Vortheile angewendet werden können.

---

*) v. Weber, Morries Stirlings verstärktes Gußeisen, im Polyt. Centralbl. 1850, Nro. 22. Hieraus in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 10, S. 129.

Verschmelzung ungerösteter Thoneisensteine.

Verschmelzung ungerösteter Thoneisensteine anstatt gerösteter*). Auf der Königshütte in Oberschlesien erhielt man beim Verschmelzen gerösteter Thoneisensteine ein weniger gutes Eisen, als beim Verschmelzen ungerösteter. Die Analyse der beiden Roheisensorten ergab, daß der Phosphorgehalt in denselben vollkommen gleich, der Siliciumgehalt in der letzteren Sorte (1,73) dagegen etwas höher als in der ersten (1,24) war. Hierin dürfte jedoch kaum die Hauptursache der verschiedenen Qualität zu suchen seyn, sondern wahrscheinlich in dem — nicht näher bestimmten — Schwefelgehalte. Die Röstung der Eisensteine auf Königshütte geschieht in Schachtöfen, und man bedient sich dabei als Brennmaterial eines Gemenges von Kohks (Cynders) und Steinkohlen (S. 73). Da die Steinkohlen nicht unerheblich schwefelhaltig sind, so werden die Erze während der Röstung der Einwirkung schwefelhaltiger Gase ausgesetzt, was relativ um so nachtheiliger wirken muß, wenn die Thoneisensteine frei von Schwefelkies sind, und solchenfalls durch die Röstung keine Verminderung eines derartigen Schwefelgehaltes erleiden können.

6) Rückblick auf die Theorie und praktische Ausführung des Roheisen-Schmelzprocesses.

Wichtigkeit des Roheisen-Schmelzprocess.

Der Roheisen-Schmelzproceß ist der wichtigste aller metallurgischen Processe. Es liefert uns dasjenige Metall, welches — als Roheisen, Stabeisen und Stahl — den größten Werth für die menschliche Gesellschaft besitzt und gewissermaßen als der Schlüssel zur gesammten neueren Cultur und Civilisation betrachtet werden kann. Die Gewinnung dieses nützlichsten der Metalle ist nicht, wie die der übrigen, auf wenige zerstreute Punkte der Erdoberfläche beschränkt, sondern über alle Welttheile und Länder verbreitet. Die Eisenhütten-Industrie bildet einen wesentlichen Zweig des Staats-Haushaltes; einen Zweig, welcher mit so manchen anderen staatsökonomischen Interessen auf das Innigste verwachsen ist. Sie greift in zahlreiche Gewerbe ein und liefert uns in den Eisenbahnen die Hauptadern für die Cirkulation industrieller Thätigkeit. Die Eisenbahnen sind es, welche die verschiedenen industriellen Pole mit einander verbinden und dadurch einen lebendigen und belebenden Strom in und zwischen den Ländern erregen, welcher alle durch politische und geopraphische Verhältnisse getrennte Theile unseres Continents zu einem industriellen Gesammt-Organismus zu verbinden verspricht. Diese durch die Eisen-Industrie entwickelte merkantile Cirkulation macht sich jene selbst wieder zu Nutzen, indem ihr die Eisenbahnen das Brennmaterial der Kohlen-Distrikte und die Eisenerze entlegener Fundstätten zufördern.

---

*) Eck in Karst. Archiv Bd. 21, S. 383. Berg- und hüttenmänn. Ztg. Bd. 11, S. 290.

Während aber einerseits die Natur, durch eine freigebige Vertheilung der Eisenerze, die massenhafte Gewinnung dieses Metalles an zahlreichen Orten möglich machte, hat sie andererseits die zweckmäßigste Benutzung desselben an viele erschwerende Bedingungen geknüpft. Nicht genug, daß wir durch ein geschicktes Dirigiren der Processe verschiedene Arten von Roheisen, Stabeisen und Stahl erzeugen müssen; auch auf die, oft schon durch die geringsten chemischen Beimischungen influirte Güte dieser Eisensorten kommt außerordentlich viel an. Um selbst unter weniger günstigen Umständen eine, für bestimmte Zwecke geeignetste Qualität bei möglichst geringem Kostenaufwande zu erreichen, genügt kein empirisches Verfahren, sondern es wird dazu oftmals die größte Anstrengung intelligenter Thätigkeit erfordert. Der Schatz, den uns die Natur im Eisen gab, kann in seinem ganzen Umfange nur vom einsichtsvollen Fleiße ausgebeutet werden. Die mannigfaltigen Schwierigkeiten, welche mit der Erzeugung guter Eisensorten verknüpft sind, treten dem Eisenhüttenmanne nur zu oft hindernd in den Weg; allein sie lassen sich in den meisten Fällen durch ein rationelles Verfahren überwinden. Und eben dieser Kampf mit zahlreichen Hindernissen hat den Eisenhütten-Proceß allmälig zu einer Stufe der Ausbildung erhoben, welche ihn als eine Richtschnur für alle übrigen metallurgischen Schmelzprocesse hinstellt.

Schwierigkeit des Roheisen-Schmelzprocess.

Die Wichtigkeit der Roheisen-Fabrikation rechtfertigt es, daß wir in den vorhergehenden Abschnitten diesen Proceß bis in so manche seiner technischen Details verfolgt und mit einer Ausführlichkeit behandelt haben, wie dies außerdem der Tendenz des vorliegenden Werkes nicht angemessen seyn würde. Indem wir versuchten, den ganzen Hergang der Roheisengewinnung auf chemische und physikalische Principien zu begründen und die empirischen Regeln des Eisenhüttenmannes theoretisch zu beleuchten und zu motiviren, haben wir eine wissenschaftliche Einsicht in das Wesen jenes Processes gewonnen, wie solche zu seiner rationalen Leitung unentbehrlich ist.

Verhältniß der Theorie zur Praxis.

Zwar kann man diesem Eindringen der Theorie in das vielfach verzweigte Geäder der Praxis den Vorwurf machen, daß nicht jede theoretische Anschauung eine richtige sey, und daß der Praktiker durch wissenschaftliche Hypothesen leicht auf falsche Wege geführt werden könne; aber dies ist kein Vorwurf, welcher die Theorie als solche, sondern die menschliche Fehlbarkeit überhaupt trifft. Wenn auch die wissenschaftliche Beleuchtung mitunter eine einseitige zu nennen ist, die nicht immer zur richtigen Auffassung des beleuchteten Gegenstandes führt, so erscheint doch letzterer ohne jenes Licht meist ganz dunkel. Die Theorie maßt sich keinesweges eine Unfehlbarkeit an, der in allen Fällen ein unbedingter Glaube geschenkt werden müsse. Sie will nichts als der leitende Gedanke seyn, welcher den Praktiker in seinen Bemühungen, zum Verständniß und zu neuen Feldern seiner eigenen Thätigkeit zu gelangen, unterstützt. Theorie und Praxis verhalten sich zu einander wie Auge und Hand. Beide

können sich gegenseitig nützen und von einander lernen. Der Hand allein gebührt der Preis des Schaffens; jedoch nur unter dem prüfenden Blicke des wachsamen Auges vermag sie die größte Vollkommenheit ihres Werkes zu erreichen.

Hauptaufgabe des Roheisen-Schmelzprocesses.

Die Hauptaufgabe des Roheisen-Schmelzprocesses besteht in der Erzeugung eines möglichst guten und billigen Roheisens. Die Schwierigkeit dieser auf den ersten Blick so einfach erscheinenden Forderung rührt von der großen Anzahl bedingender Momente her, welche bei der Roheisenerzeugung theils auf die Qualität des Schmelzproduktes, theils auf die Oekonomie des Processes von Einfluß sind. In den vorhergehenden Abschnitten haben wir jene bedingenden Ursachen kennen gelernt, soweit sie nicht — wie die Gewinnungskosten der Erze, die Brennmaterial-Preise, Arbeitslöhne u. s. w. — von gänzlich lokalen und sich der wissenschaftlichen Betrachtung entziehenden Verhältnissen abhingen. Indem wir die wichtigeren derselben hier geordnet vor uns aufstellen, erhalten wir eine Uebersicht aller Punkte, auf welche der prakische Eisenhüttenmann bei der Roheisengewinnung vorzugsweise zu achten hat.

I. Erze.

Uebersicht der bedingenden Momente bei d. Roheisen-Gewinnung. I. Erze.

A. Beschaffenheit der rohen Erze.
   1) Art der Erze — (Bd. I., S. 585—588. Bd. II., S. 51—52; S. 54).
   2) Procentaler Eisengehalt — (S. 98—99; S. 100).
   3) Beigemengte Mineralien und Gesteinsarten, sowie Art dieser Beimengung (gröblich oder innig gemengt) — (S. 16; S. 65—66; S. 69; S. 98—99, Anmerkung; S. 51; S. 64).

B. Röstung der Erze.
   1) Erz-Sortirung vor dem Rösten — (S. 68; S. 69).
   2) Art der Röstung — (S. 69—79).
      a) in Haufen oder Oefen — (S. 78—79).
      b) mit oder ohne Wasserdampf — (S. 77—79).
   3) Beschaffenheit des zum Rösten angewendeten Brennmaterials — (S. 180; S. 184; S. 187).

C. Beschaffenheit der Erze in dem Zustande, wie sie zur Verschmelzung gelangen.
   1) Durch Verwittern Auslaugen u. s. w. vorbereitet oder nicht — (S. 66—67).
   2) Geröstet oder nicht geröstet — (S. 39; S. 42; S. 67—69).
   3) Procentaler Eisengehalt — (S. 98—99; S. 100).
   4) Gehalt an Wasser und Kohlensäure — (S. 39; S. 42).

5) Chemische Zusammensetzung der Erze, namentlich in Bezug auf ihren Gehalt an:
   a) Kieselerde — (S. 23—25; S. 99, Anmerkung).
   b) Thonerde, Kalkerde, Talkerde — (S. 34—35).
   c) Mangan — (S. 33).
   d) Alkali — (S. 7—9; S. 130, Anmerkung).
   e) Schwefel — (S. 28—31; S. 49; S. 56).
   f) Phosphor — (S. 25—28; S. 49; S. 50; S. 56).
   g) Arsenik — (S. 33—34).
   h) Titan — (S. 35—36; S. 186).
6) Größe der Erzstücke — (S. 16; S. 39; S. 79; S. 100).
7) Festigkeit (Zerdrückbarkeit) der Erzstücke — (S. 39; S. 56; S. 91).
8) Grad der Reducirbarkeit, Kohlungsfähigkeit (Porosität) und Schmelzbarkeit — (Bd. I., S. 588. Bd. II., S. 5; S. 48; S. 50; S. 68; S. 90—91; S. 98—99, Anmerkung; S. 100).

II. Zuschläge.

II. Zuschläge. A. Beschaffenheit der Zuschläge.
1) Gehalt an Wasser und Kohlensäure — (S. 39; S. 42).
2) Chemische Zusammensetzung der Zuschläge, namentlich in Bezug auf ihren Gehalt an:
   a) Kieselerde — (S. 23—25).
   b) Thonerde, Kalkerde, Talkerde — (S. 34—35).
   c) Mangan — (S. 33).
   d) Alkali — (S. 7—9; S. 130, Anmerkung; S. 186).
   e) Schwefel — (S. 28—31).
   f) Phosphor — (S. 25—28).
   g) Arsenik — (S. 33—34).
3) Gebrannter oder ungebrannter Kalk — (S. 182).

B. Relative Menge der Zuschläge — (S. 99).

III. Brennmaterial
(für den Hohofenbetrieb).

III. Brennmaterial. A. Beschaffenheit des Brennmaterials.
1) Art des Brennmaterials — (S. 38; S. 40; S. 42; S. 43; S. 52; S. 57; S. 61; S. 97—98; S. 100).
2) Grad der Verkohlung oder Verkohkung — (S. 98; S. 181).
3) Wassergehalt — (S. 39; S. 42; S. 98).
4) Gehalt an:
   a) Alkali — (S. 7—9; S. 52; S. 130, Anmerkung).
   b) Schwefel — (S. 28—31; S. 122).
   c) Phosphor — (S. 25—28).

5) Aschenmenge — (S. 61—62; S. 98; S. 121—122).
6) Wärme-Effekt — (S. 38; S. 98).
7) Größe der Brennmaterialstücke — (S. 38; S. 42).
8) Festigkeit (Zerdrückbarkeit) der Brennmaterialstücke — (S. 38; S. 39—40; S. 42; S. 56).
9) Grad der Porosität — (S. 122; S. 129).

B. Relative Menge des Brennmaterials — (S. 38; S. 42; S. 46; S. 55—56; S. 90—91; S. 98—100).

IV. Gebläseluft.

A. Beschaffenheit der Gebläseluft.

IV. Gebläseluft.

1) Gehalt an Wasserdampf — (Bd. I. S. 524; Bd. II., S. 31—33; S. 42; S. 99).
2) Gehalt an Kohlensäure und anderen schädlichen Beimengungen — (S. 38; S. 42)*).
3) Grad der Pressung — (S. 38; S. 42; S. 46; S. 99; S. 138—140; S. 169).
4) Temperatur — S. 38; S. 42; S. 46; S. 99; S. 140—144; S. 147; S. 169).

B. Relative Menge der Gebläseluft — (S. 38—39; S. 42; S. 46—47; S. 99; S. 138—140; S. 169).

C. Düse und Form.

1) Anzahl der Düsen — (S. 169—170).
2) Verhältniß der Düsenöffnung zur Formöffnung bei offener Form — (S. 38—39; S. 147).
3) Lage der Form — (Bd. I. S. 449).
4) Geschlossene oder nicht geschlossene Form — (S. 39; S. 147; S. 170—171).

V. Hohofen.

A. Schachtconstruktion — (S. 40—41; S. 48; S. 80—82; S. 99; S. 130—131; S. 183).

V. Hohofen.

1) Höhe
   a) des Schachtes — (S. 40—41; S. 88—89),
   b) des Gestells — (S. 90—93),

*) Auf die Anwendung einer möglichst reinen (sauerstoffreichen) Gebläseluft wird nicht immer die nöthige Sorgfalt verwendet. Es ist hierbei besonders die Beschaffenheit der vom Gebläse eingesogenen Luft zu berücksichtigen, welche mitunter von Orten entnommen wird, wo sie einer Verunreinigung durch Wasserdampf, Kohlensäure u. s. w. ausgesetzt ist. Bei Anwendung erhitzten Windes kann es auch der Fall seyn, daß die glühenden eisernen Röhren des Lufterhitzungs-Apparates — wenigstens so lange sie neu sind — nicht ganz unerheblich sauerstoffabsorbirend wirken.

c) der Rast (Rastwinkel) — (S. 82—86),
d) des Kohlensackes über dem Bodenstein — (S. 89—90).

2) Weite

a) der Gicht — (S. 80—82; S. 90),
b) des Kohlensackes — (S. 89),
c) des Gestelles, oben und unten (S. 90—93).

3) Gestalt des Schachtes oberhalb des Kohlensackes — (S. 80—82).
4) Rast-Capacität — (S. 93—95).
5) Relative Höhe des Wallsteins — (S. 97).

B. Beschaffenheit des Ofengemäuers.

1) Trockne oder feuchte, sowie dichte oder undichte Ofenmauern — (S. 41).
2) Feuerfestigkeit der Gestell- und Raststeine — (S. 85).

C. Gewisse Verhältnisse der Schlacke.

1) Schmelzbarkeit des gesammten Schlackenmaterials — (S. 10—11).
2) Chemische Zusammensetzung der Schlacke — (S. 12; S. 64).
3) Relative Menge der Schlacke (S. 12).

D. Gewisse Betriebsverhältnisse.

1) Größe der Erz- und Brennmaterial-Gichten — (S. 151—153).
2) Ableitung oder Nichtableitung von Ofengasen — (S. 41—42; S. 112; S. 171—180).
3) Benutzung oder Nichtbenutzung der Gichtflamme — (S. 181).
4) Art des producirten Roheisens — (S. 50—61; S. 100).

Der Einfluß aller dieser Umstände auf den Hohofenproceß — auf die Qualität oder die Produktionskosten des erzeugten Roheisens, oder auf beides zugleich — ist an den citirten Stellen angeführt und nachgewiesen worden. Das ökonomische Resultat des Roheisen-Schmelzprocesses ist also eine Funktion höchst zahlreicher, verschiedenartiger und veränderlicher Elemente. Daß es unter den vielen Tausend Hohöfen verschiedener Länder nicht zwei giebt, welche unter einer gleichen Combination dieser Elemente betrieben werden, ist mehr als wahrscheinlich. Auf jedem Eisenhüttenwerke, ja in jedem Hohofen ein und desselben Hüttenwerkes finden verschiedene oder doch nicht ganz mit einander übereinstimmende Betriebs-Verhältnisse statt. Sogar in einem und demselben Hohofen sind sie — schon durch die Witterungs-Verhältnisse — täglich kleinen Schwankungen unterworfen. Daher die unendliche Mannigfaltigkeit der Eisensorten und die außerordentlich verschiedenen Kosten ihrer Produktion.

ung d. Auf-
e des Eisen-
ttenmannes
d. Roheisen-
winnung.

Die strenge Abhängigkeit des ökonomischen Resultates von einer so großen Anzahl veränderlicher Größen macht einen guten Eisenhohofen-Betrieb einerseits zwar zu einer sehr schwierigen, andererseits aber zu einer ebenso interessanten als lohnenden Aufgabe; zu einer Aufgabe, deren vollkommene Lösung sich allerdings meist erst nach einer langen Reihe von Jahren errei-

chen, aber sich fast täglich näher bringen läßt. Kein Eisenhüttenwerk, und sey es das am rationellsten betriebene, befindet sich — auch wenn wir von einer Vervollkommnung durch künftige Erfindungen absehen — bereits auf der Maximum-Höhe eines guten Betriebes. Ueberall sind noch Verbesserungen und vortheilhaftere Combinationen möglich, und überall bedarf es eines gewissen Kampfes gegen Einflüsse, welche das schon erreichte günstige Resultat wieder zu beeinträchtigen drohen. Der Betriebs-Officiant, dem das wichtige Geschäft der Leitung eines Hohofens anvertraut ist, darf sich daher, gleich einem klugen Feldherrn, niemals einer trägen Siegesruhe überlassen, sondern muß stets die Verfolgung seines Zieles und die Behauptung des Gewonnenen im Auge behalten. Bei hinreichender Umsicht und Kenntniß und bei hinreichenden Geldmitteln — beim Hohofenbetriebe wie im Kriege eine Hauptsache! — besitzt er Macht genug, die Umstände zu beherrschen. Indem die ganze Anordnung des Schmelzprocesses — von der Gewinnung des Erzes in der Grube bis zum Abstechen des geschmolzenen Roheisens aus dem Heerde — in seine Hand gelegt ist, commandirt er über eine Menge von Verhältnissen, von deren richtiger Wirkung und Gestaltung zuweilen fast ebenso viel abhängt, als von der Art, dem Procentgehalt und den Gewinnungs- (sowie Transport-) Kosten der Erze, der Beschaffenheit und dem Preise der Brennmaterialien nebst anderen Umständen, welche freilich nur zu oft als mehr oder weniger unveränderliche und unbequeme Größen in die complicirte Formel des Hohofenbetriebes eingeführt werden müssen. Abgesehen von solchen bösen Constanten, deren ungünstiger Einfluß nur etwa durch zweckmäßige staatsökonomische Maßregeln gehoben oder vermindert werden kann, bleibt jedenfalls stets ein relativ günstigstes Resultat erreichbar.

Obgleich der Hohofenproceß durchaus auf chemischen und physikalischen Principien beruht und zum Theil sogar Gesetzen von mathematischer Schärfe unterworfen ist, läßt sich die vortheilhafteste Führung desselben, wie schon angedeutet, niemals durch rein theoretische Speculation erreichen, sondern nur durch Versuche, welche von Theorie und Erfahrung gemeinschaftlich motivirt und mit Sachkenntniß beurtheilt werden. Gar manche dieser Versuche, wie z. B. die Ermittelung der vortheilhaftesten Ofen-Construktion, der vortheilhaftesten Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft u. s. w., sind nicht allein äußerst zeitraubend, sondern auch schwierig zu leiten und zu beurtheilen. Vor allen Dingen wird dabei vorausgesetzt, daß sich während ihrer Ausführung keine anderen wesentlichen Betriebs-Momente geändert und dadurch auf das Resultat influirt haben. So hat man die Wirkung des erhitzten Windes gar oft unrichtig beurtheilt, indem man auf die dabei veränderte Menge und Pressung der Gebläseluft keine Rücksicht nahm (S. 140).

Bei jeder durch Betriebs-Versuche herbeigeführten Veränderung in dem Gange eines Hohofens muß man nicht allein auf die dadurch bewirkten

direkten, sondern auch auf jene indirekten chemischen und physischen Einflüsse Rücksicht nehmen, welche in einer möglicherweise hervorgerufenen Veränderung der Größe und Temperatur der verschiedenen Ofenzonen ihren Grund haben können. Hierin liegt der Schlüssel zu so manchen Erscheinungen beim Hohofenprocesse, welche den Praktiker wie den Theoretiker nicht selten irre geleitet haben. Deswegen wurde die Theorie von den Ursachen und Wirkungen der veränderlichen Zonenvolume und der innerhalb derselben herrschenden Temperaturen (S. 37—50) mit möglichster Schärfe entwickelt, und an zahlreichen Stellen des vorliegenden Werkes darauf hingewiesen.

...sentlicher ...influß der ...rie von den ...fenzonen.

Da die chemische Zusammensetzung gewisser Materialien — der Erze, Zuschläge, Brennstoffe, der Schlacke und des Roheisens selbst — eine so überaus wichtige Rolle in der Oekonomie des Eisenhüttenprocesses spielt, so sind genauere Analysen der genannten Substanzen eine unerläßliche Bedingung einer rationellen Betriebsleitung. Auf keinem Eisenhüttenwerke sollte man daher die verhältnißmäßig so geringen Kosten der Anlage und Wartung eines chemischen Laboratoriums scheuen, in welchem solche Analysen von Sachverständigen mit hinreichender Genauigkeit ausgeführt werden können. Besonders sind es Untersuchungen auf einen Schwefel- und Phosphorgehalt der Beschickung, der Schlacke und des Roheisens, sowie auf den Silicium- und Kohlengehalt des letzteren, welche von Zeit zu Zeit angestellt werden müssen. Doch giebt es noch sehr viele andere Veranlassungen beim Hohofenbetriebe, bei denen der Chemiker befragt und die Antwort aus dem Laboratorium geholt werden muß. —

...ichtigkeit ...nischer Untersuchungen der Roh...ngewinn.

Die obige Zusammenstellung der wichtigsten Elemente, welche in chemischer und physikalischer, sowie in ökonomischer Hinsicht auf die Erzeugung des Roheisens von Einfluß sind, gewährt zugleich einen Ueberblick der wesentlichen Punkte, auf welche man bei der Beschreibung von Eisenhüttenwerken — soweit es sich dabei um die Roheisengewinnung handelt — Rücksicht zu nehmen hat. Erst wenn wir eine große Anzahl derartig detaillirter und genauer Beschreibungen verschiedener Eisenhütten besitzen, wird es möglich seyn, gewisse allgemeingültige theoretische Schlüsse daraus zu ziehen. Die Theorie wird dann vielleicht so manche ihrer Anschauungen modificiren, jedenfalls aber den Praktiker zur richtigen Auffassung des Beobachteten leiten und ihm die Wege zeigen, auf denen er seine Erfahrungen am besten benutzen und weiter verfolgen kann. Und so sey denn die gesammte Darstellung der Roheisengewinnung in unserem vorliegenden Werke mit der Bemerkung geschlossen: daß der Nutzen einer jeden Theorie nicht bloß in ihrem wahrheiterforschenden, sondern auch in ihrem anregenden Charakter begründet ist.

...en der Beschreibung von ...senhütten...en und we...ntlichste ...te derselb.